



XXIV Congresso Brasileiro
**DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**



XXV ENCONTRO NACIONAL
DE PERFURADORES DE POÇOS



FENÁGUA 2026
FEIRA NACIONAL DA ÁGUA

11 A 14 DE AGOSTO DE 2026 | SÃO PAULO | SP

ANAIIS

CABAS 2026

Resumos dos trabalhos científicos

XXIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas

11 a 14 de agosto de 2026 • São Paulo – SP

Águas Subterrâneas: a base do enfrentamento das mudanças climáticas
e da sustentabilidade no agro, na mineração e no saneamento

PROMOTORA



PATROCÍNIO DE SUSTENTABILIDADE E SEGURANÇA HÍDRICA



PATROCÍNIO DE INCENTIVO À PESQUISA



APOIO INSTITUCIONAL



APOIO



ASSOCIADOS PATROCINADORES



EXPOSITORES FENÁGUA



REDE DE MONITORAMENTO DO SISTEMA AQUIFERO URUCUIA NA SUBBACIA DO RIO DE ONDAS, ALTO RIO GRANDE, OESTE DA BAHIA

DA SILVA JUNIOR, Gerson Cardoso¹; LEÃO, Bernardo Ramos²; MARQUES, Eduardo Gomes³; (1) UFRJ - Rio de Janeiro - RJ - Brasil; (2) INEA-RJ - Rio de Janeiro - RJ - Brasil; (3) UFV - Viçosa - MG - Brasil;

Gerson Cardoso da Silva Junior (gerson@acd.ufrj.br)

Groundwater monitoring is essential for effective water resource management, enhancing hydrogeological understanding and supporting public policy implementation. In Brazil, systematic groundwater level monitoring started only in the years 2010s, with the Brazilian Geological Survey (SGB) "Integrated Groundwater Monitoring Network" (RIMAS). Among Brazilian aquifers, the Urucuia Aquifer System (UAS) is the most monitored, covering 126,468 km², primarily in the State of Bahia, northeastern Brazil. However, with a density of just 0.0008 wells/km², monitoring remains incipient as compared to international standards. The UAS, a predominantly phreatic aquifer composed by fluvial-eolian Cretaceous sandstones from the Urucuia Group, Sanfranciscan Geological Basin, plays a strategic role in economic and social development, and sustains baseflows in the São Francisco River basin. Rapid agricultural expansion in western Bahia, with increasing groundwater withdrawals, required an improved management through a functional monitoring network. This study developed a multi-criteria model to identify priority areas for expanding the UAS monitoring network. It considered hydrogeological, physiographic, water abstraction, and well availability factors, integrated with geostatistical analysis. Results confirmed the shortages of the current network. Vulnerable areas identified include the western Corrente River basin and the Branco, Rio de Janeiro, and Ondas River sub-basins, which should be prioritized for network expansion. The study highlights the effectiveness of integrated methods for designing monitoring networks, a relatively unexplored approach in Brazil. These findings contribute to improve decision-making process and a deeper understanding of the UAS hydrogeological context, paving the way for better management of groundwater resources in the region.

Agriculturairrigada; Geoestatística; Monitoramento de Aquíferos;

**PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS PARA A PROTEÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM
SAO PAULO: INCENTIVOS A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL**

*ELIA, Bartira¹;
(1) ESALQ/CENA-USP - Piracicaba - SP - Brasil;*

Bartira Elia (bartirae@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas são recursos estratégicos vitais no Estado de São Paulo, suprimindo total ou parcialmente as necessidades de abastecimento de cerca de 72% dos municípios. No entanto, esses mananciais enfrentam ameaças crescentes de contaminação por atividades antrópicas, especialmente devido ao uso inadequado de agrotóxicos e fertilizantes nitrogenados na agricultura. Embora o Brasil possua experiências consolidadas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), a maioria dos mecanismos foca na proteção de águas superficiais, havendo uma lacuna em políticas econômicas voltadas especificamente à preservação da qualidade hídrica subterrânea. **Objetivos:** Analisa-se a viabilidade de implementar contratos de PSA direcionados a pequenos agricultores no Estado de São Paulo como ferramenta para a preservação da qualidade dos aquíferos. A pesquisa fundamenta-se na adaptação de lições de modelos internacionais ao arcabouço legal vigente, visando incentivar a adoção de práticas agrícolas sustentáveis conforme as diretrizes da Lei nº 14.119/2021 e do Decreto Estadual nº 66.549/2022. **Método:** Adotou-se uma abordagem teórica baseada em revisão sistemática e crítica da literatura. Foram analisados comparativamente os modelos de gestão de Paris (França) e Munique (Alemanha), avaliando suas estruturas institucionais, mecanismos financeiros e as práticas agrícolas incentivadas para verificar sua aplicabilidade ao contexto geológico e socioeconômico paulista. **Resultados:** A análise internacional revelou que Paris foca em incentivos indiretos e apoio técnico para a transição agroecológica, alcançando uma redução de 77% no uso de pesticidas. Munique utiliza a compensação financeira direta por hectare para a agricultura orgânica, o que reduziu em 80% a concentração de nitratos nos aquíferos locais. Para o contexto de São Paulo, propõe-se um modelo que priorize regiões além das áreas de recarga e ofereça incentivos econômicos atrativos para que pequenos produtores substituam insumos químicos por práticas orgânicas e agroecológicas. A seleção dessas áreas prioritárias fundamenta-se em critérios técnicos que avaliam a vulnerabilidade e o potencial de recarga hídrica, abrangendo características geológicas, pedológicas e de uso do solo. Complementarmente, a escolha considera fatores socioeconômicos e institucionais, priorizando regiões com forte presença de agricultura familiar, predisposição dos produtores ao manejo sustentável e a existência de governança consolidada por meio de Comitês de Bacias Hidrográficas. Por fim, indicadores como a densidade de drenagem, a proteção de nascentes e a conectividade da paisagem garantem que os incentivos sejam direcionados a ecossistemas estratégicos para a segurança hídrica do estado. A estruturação sugerida integra fases de diagnóstico e desenho de governança, envolvendo parcerias com Comitês de Bacias Hidrográficas e o uso de recursos de prefeituras e usuários de recursos hídricos. **Conclusão:** O PSA apresenta-se como um instrumento promissor para a gestão hídrica sustentável, capaz de promover a segurança hídrica e a inclusão social de produtores rurais por meio da geração de renda e capacitação técnica. Recomenda-se a criação de sistemas robustos de monitoramento integrados às redes da CETESB e SP Águas para garantir a eficácia das intervenções. Espera-se que a aplicação do modelo resulte na melhoria da qualidade hídrica subterrânea e no fortalecimento da governança ambiental em todo o Estado de São Paulo.

agricultura sustentável; águas subterrâneas; gestão de recursos hídricos; Pagamento por Serviços Ambientais; PSA;

OSMOSE REVERSA DE CIRCUITO FECHADO (CCRO) PARA ALTA RECUPERAÇÃO HÍDRICA E MITIGAÇÃO DE INCRUSTAÇÕES EM ÁGUAS DE POÇO

MAIA, Lucas ¹; SCHNEIDER, René ¹;
(1) Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;

Lucas lucas maia (lucascm@usp.br)

A Osmose Reversa (OR) é uma tecnologia de separação por membranas onde pressão hidráulica superior à pressão osmótica da água a ser tratada é aplicada para filtração através de uma membrana semipermeável que retém sais monovalentes e demais contaminantes. Sua principal limitação no tratamento de águas subterrâneas com elevado teor de sais precipitáveis é a limitação da recuperação a valores <75% devido ao risco de precipitação de sais insolúveis na membrana (incrustação ou scaling) com o consequente descarte de 25% da água captada. Os eventos de precipitação são favorecidos na configuração convencional multiestágio. A Osmose Reversa de Circuito Fechado (Closed-Circuit Reverse Osmosis – CCRO) opera em regime semi-batelada com elevado fluxo tangencial (cross-flow). Nessa configuração, o concentrado gerado é recirculado continuamente para a entrada da membrana, e a diluição periódica desse concentrado com água bruta de reposição reduz o índice de saturação dos sais pouco solúveis no circuito, retardando a nucleação e permitindo atingir fatores de concentração e taxas de recuperação superiores aos possíveis em sistemas convencionais de passagem única. Neste trabalho foi avaliado o potencial do CCRO para produzir permeado com concentração de fluoreto suficientemente baixa para diluição de água potável, a fim de atender ao padrão de qualidade de 0,6–0,8 mg/L aplicável à potabilização de água no Estado de São Paulo. Uma planta piloto foi alimentada com vazão total de 1,0 m³/h, recirculação de 0,9 m³/h e reposição com água bruta de 0,1 m³/h (fluoreto: 6,75 mg/L; cálcio: 175 mg/L; alcalinidade total: 480 mg CaCO₃/L; condutividade: 1963 µS/cm; pH: 8,6). A diluição contínua do concentrado recirculado com água bruta reduziu o índice de supersaturação e retardou a nucleação permitindo atingir ~88% de recuperação, valor bem acima do atingível na OR convencional. Os resultados demonstram que o CCRO semi-batelada, constitui estratégia tecnicamente viável para maximizar a produção de água potável a partir de poços com fluoreto elevado.

; águas subterrâneas; CCRO; Incrustação; Osmose reversa;

FRAGMENTAÇÃO NORMATIVA NO GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS: LACUNAS NA INTEGRAÇÃO HIDROGEOLOGICA E IMPLICAÇÕES NO MODELO CONCEITUAL

MANSOR, *Leonardo* Mitidiero¹;
(1) PETROBRAS TRANSPORTE S.A. - São Caetano do Sul - SP - Brasil;

Leonardo Mitidiero Mansor (leonardo.mitidiero@transpetro.com.br)

Introdução: O gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil é orientado por normas técnicas que estruturam investigação, avaliação de risco e intervenção. Embora haja avanços no controle de qualidade analítica, persistem lacunas na definição de critérios mínimos para caracterização geológica e hidrogeológica, gerando dissociação entre dados químicos e compreensão dos processos de transporte de contaminantes. **Objetivos:** Analisar criticamente o conjunto normativo aplicável ao gerenciamento de áreas contaminadas, identificando lacunas na integração entre dados físicos e químicos, e discutir implicações no modelo conceitual e na avaliação de risco, propondo diretrizes mínimas de aprimoramento. **Método:** Foi realizada análise integrada de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas relacionadas à investigação, amostragem, modelo conceitual e avaliação de risco. Avaliaram-se requisitos normativos frente às práticas de campo, incluindo sondagens, uso de direct push e interpretação de parâmetros hidrogeológicos. Desenvolveu-se exemplo baseado em dados típicos de slug tests para avaliar impactos na estimativa de fluxo. **Resultados:** Observa-se elevado rigor no controle analítico, porém ausência de critérios mínimos verificáveis para caracterização do meio físico, em especial da geologia da área investigada. Destaca-se inconsistência na norma de sondagem, que enfatiza integridade da amostragem sem exigir descrição geológica sistemática, inclusive em métodos como direct push. O exemplo indica que o uso de médias de condutividade hidráulica obtidas por slug tests, sem avaliação de representatividade, pode gerar diferenças de ordens de grandeza na estimativa de velocidades de fluxo e no tempo de chegada a receptores, sem questionamento técnico. Nesse sentido, não há qualquer previsão da determinação de parâmetros hidrogeológicos de aquífero, fundamentais no projeto e execução de processos de remediação. **Conclusão:** O modelo atual privilegia conformidade processual e dados químicos, sem assegurar compreensão dos processos hidrogeológicos. A ausência de critérios mínimos verificáveis para descrição geológica, integração efetiva de dados e validação de parâmetros físicos, compromete modelos conceituais e avaliações de risco. Recomenda-se incorporar requisitos mínimos de caracterização geológica e hidrogeológica, bem como interpretação integrada, alinhando o gerenciamento a uma abordagem baseada em processos.

áreas contaminadas; hidrogeologia; modelo conceitual; slug test; sondagem direct push;

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS TUBULARES E SUA INTERAÇÃO COM ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREA DE AGRICULTURA FAMILIAR EM CUIABA/MT

*ALMEIDA, EDILAINÉ CRISTINA DA SILVA¹; SANCHES, LUCIANA¹;
(1) UFMT/PPGFA - Cuiabá - MT - Brasil;*

EDILAINÉ CRISTINA DA SILVA ALMEIDA (edilaine.agronoma@gmail.com)

A qualidade da água subterrânea é um fator determinante para a segurança hídrica em áreas rurais, especialmente em regiões com forte sazonalidade climática. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água de poços tubulares e sua relação com águas superficiais em um assentamento da agricultura familiar na Baixada Cuiabana (MT). Foram analisados sete poços tubulares, com coletas realizadas bimestralmente ao longo de um ano, além de amostras do Rio Coxipó, permitindo a comparação entre sistemas subterrâneo e superficial. As medições foram realizadas in loco por meio de equipamento multiparâmetro portátil, considerando os parâmetros condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais (SDT), pH e oxigênio dissolvido (OD). Os resultados evidenciaram maior mineralização da água subterrânea, com valores de condutividade e SDT significativamente superiores aos observados no rio, associados ao maior tempo de residência da água no aquífero e à interação com as formações geológicas. O pH apresentou valores levemente ácidos nos poços e próximos à neutralidade no sistema superficial, enquanto o oxigênio dissolvido foi mais elevado no rio, refletindo maior reaeração. De modo geral, os parâmetros analisados atenderam aos limites estabelecidos pela legislação vigente, embora a elevada carga iônica da água subterrânea possa implicar restrições operacionais. Conclui-se que as águas subterrâneas representam um recurso estratégico para o abastecimento em áreas rurais, sendo fundamental o monitoramento contínuo e a adoção de práticas de gestão sustentável para garantir sua qualidade e disponibilidade a longo prazo. aquíferos; hidrogeoquímica; monitoramento ambiental; parâmetros físico-químicos; recursos hídricos;

**PLANEJAMENTO URBANO E GOVERNANÇA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: A NECESSIDADE DE
INSERÇÃO NO ORDENAMENTO TERRITORIAL MUNICIPAL**

SILVA, HERMAM VARGAS¹; PERES, RENATA ALVEZ²; PINESE, JOSÉ PAULO PECCININI³;
(1) UEL Univ. Est. de Londrina - Maringá - PR - Brasil; (2) ORCISPAR -Orgão Regulados do Consórcio
Intermunicipal de Saneamento do Paraná - Maringá - PR - Brasil; (3) UEL - Univ. Est. de Londrina -
Londrina - PR - Brasil;

HERMAM VARGAS SILVA (vargashermam@gmail.com)

Introdução: O ordenamento das atividades humanas num município é resultado da organização e do planejamento do seu espaço coletivo. Este planejamento tem que estar baseado em premissas, tais como: equidade social, equilíbrio ecológico, eficiência econômica e participação da sociedade nas discussões dos problemas ambientais e da utilização destes recursos (Coelho, 2001). Isso leva a uma transformação nos instrumentos técnicos e na legislação com um foco conceitual que se chama “sustentabilidade” e pressupõem a conservação dos recursos da natureza como metodologia para a manutenção e promoção da qualidade de vida dos habitantes no município. Desta maneira, é dever do município apresentar a sociedade formas de controle, mecanismos e ações, que vão se materializar em planos, leis, técnicas, recursos humanos qualificados e estruturas físicas. Objetivos: associar ao planejamento municipal e o PDM informações de hidrogeologia urbana. Método: O estudo apresentado tem por característica ser uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e caráter descritivo-analítico, voltada a gestão das águas subterrâneas e planejamento urbano. Para a elaboração da pesquisa adotou-se como procedimento metodológico a revisão bibliográfica, a análise documental e o estudo de caso no município de Maringá-PR. Resultados: A discussão de zoneamento e uso do solo urbano conduz, a uma interpretação funcional do Plano Diretor Municipal, deixando em segundo plano a análise do uso dos recursos naturais. Nesse sentido, a formulação de uma política de uso das águas deve ser iniciada nas discussões do PDM, de modo a alinhar o ordenamento territorial às diretrizes de sustentabilidade, Silva e Pinese (2024). O caso do município de Maringá-PR ilustra essa problemática. O município apresenta áreas de concentração de poços tubulares, no perímetro urbano. Em destaque, dois quarteirões localizados na região central da cidade com concentração superior a cinco poços tubulares, revelando significativa sobreposição de captações em área reduzida. Embora se trate de poços regularmente outorgados, observa-se que sua implantação ocorre sem integração efetiva com instrumentos de controle territorial. A utilização do aquífero constitui recurso ambiental compartilhado. Assim, a captação subterrânea pode e deve ser compreendida como modalidade de uso do solo, Silva (2023), incorporando critérios de proteção, controle de adensamento e preservação das áreas de recarga, em consonância com os compromissos de sustentabilidade aplicáveis à escala município. Considerações finais: Os municípios podem e devem manter em seus planos diretores orientação quanto ao aproveitamento do recurso subterrâneo e a localização das áreas de proteção (poços e suas áreas de recarga), mantendo orientações de distância entre poços e legislando sobre o perímetro de proteção do poço tubular. Existe a necessidade de um código de obras para a obra hidrogeológica. Os condomínios novos, devem apresentar em seus relatórios de impacto de vizinhança estudos hidrogeológicos que compatibilizem a distância entre os poços e o local da perfuração. Deve haver fiscalização da Vigilância Sanitária, da secretaria de Meio Ambiente (ou sua substituta) que pode e deve licenciar estas obras emitindo um “Álvara de Funcionamento”, vai observar as orientações legais emanadas da outorga de uso. Para o CBH, se deve levar todas as discussões, problemas e números para a elaboração das políticas públicas.

Hidrogeologia urbana; plano diretor; segurança hídrica;

QUALIDADE DAS AGUAS DO AÇUDE VELHO, CAMPINA GRANDE-PB: ANALISE DOCUMENTAL INTEGRATIVA E CENARIOS DE INTERVENCAO PUBLICA

XIMENES *NETO,* *João* *Clímaco¹;*
(1) Instituto Federal da Paraíba - IFPB - Campina Grande - PB - Brasil;

João Clímaco Ximenes Neto (joao.ximenes@ifpb.edu.br)

Introdução: O Açude Velho, reservatório urbano construído em 1828 no coração de Campina Grande-PB, é mais do que um corpo d'água, é lugar, no sentido geográfico do termo: espaço onde memória, paisagem e identidade urbana se enredam. Sua degradação não é apenas um problema técnico, mas a expressão de uma cidade que cresceu às suas margens sem assumir, de fato, a responsabilidade pela sua preservação. Trata-se de um dos casos mais expressivos de degradação hídrica urbana no semiárido brasileiro. Estudos de Silveira et al. (2022) e Sousa et al. (2022) já classificavam o reservatório como hipereutrófico em todos os pontos monitorados, com fósforo total entre 0,2 e 1,2 mg/L, clorofila-a entre 60 e 1.050 µg/L e metais tóxicos, cobre, crômio, ferro, manganês e zinco, acima dos limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005). O assoreamento já comprometia 23% do volume útil. **Objetivos:** Este trabalho integra os dados científicos sobre a qualidade das águas do Açude Velho com os acontecimentos ambientais de 2025 e 2026, demonstrando que o colapso era tecnicamente previsível, reflexo de uma falha de governança territorial. **Propõe-se** uma intervenção integrada, técnica, institucional e participativa, envolvendo Prefeitura, Ministério Público, UFCG, UEPB, IFPB e sociedade civil, com início no 4º trimestre de 2026. **Método:** Pesquisa documental e analítica, fundamentada em Gil (2008) e Cellard (2008), construída a partir de artigos do CBESA/ABES (Silveira et al., 2022; Sousa et al., 2022), notas técnicas da SESUMA/PMCG (2026), registros do Ministério Público da Paraíba e imagens de satélite do LÁPIS/UFAL, entre julho de 2025 e janeiro de 2026. A implementação prevê, a partir do 4º trimestre de 2026, reuniões técnicas entre Prefeitura, Ministério Público e universidades públicas, seguidas de encontros de conscientização com moradores, comerciantes e empresários, além de ações culturais e educativas que aproximem comunidade e lugar. **Resultados esperados:** O colapso mencionado refere-se ao evento de janeiro de 2026, quando a mortandade de mais de 10 toneladas de peixes foi associada pela SESUMA (2026) ao fenômeno de Circulação Vertical Turbulenta da Coluna d'Água, com liberação de metano e gás sulfídrico pela ressuspensão de sedimentos ricos em matéria orgânica acumulada por décadas (Esteves, 2011). Com a proposta, espera-se o comprometimento dos atores institucionais, a redução do aporte de efluentes, a melhoria da qualidade da água e o fortalecimento do pertencimento da comunidade ao patrimônio hídrico de Campina Grande. **Conclusão:** O colapso era previsível. Os dados estavam disponíveis, os sinais eram legíveis e o diagnóstico havia sido feito. Faltou resposta institucional à altura do que o território já anunciava. **Propõe-se**, a partir do 4º trimestre de 2026, intervenção em três eixos: Eixo Técnico-Científico, com desassoreamento, tratamento de efluentes, aeração e monitoramento, tendo UFCG, UEPB e IFPB como protagonistas; Eixo de Responsabilização Institucional, com comprometimento formal da Prefeitura e fiscalização do Ministério Público; e Eixo de Atuação Coletiva, com comitê gestor formado por moradores, comerciantes, empresários, universidades e poder público. A recuperação do Açude Velho exige que ciência, poder público e sociedade assumam, de forma permanente, a responsabilidade por um lugar que pertence à memória e ao futuro de Campina Grande.

Eutrofização; Gestão Hídrica; Qualidade da água; Reservatório urbano; semiárido;

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA PRELIMINAR DO SISTEMA AQUIFERO PALERMO-RIO BONITO COM BASE EM PARAMETROS MEDIDOS EM CAMPO NA REGIÃO CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA

*FREITAS, Marcos Alexandre de¹;
(1) Serviço Geológico do Brasil CPRM - Porto Alegre - RS - Brasil;*

Marcos Alexandre de Freitas (marcos.freitas@sgb.gov.br)

Introdução: A mineração de carvão no sul de Santa Catarina impulsionou o desenvolvimento regional, mas gerou graves impactos ambientais, especialmente a drenagem ácida de mina (DAM), que afeta as águas em cerca de 15 municípios. Desde os anos 1990, programas de recuperação ambiental e ações judiciais vêm buscando mitigar os danos, embora o processo seja complexo e oneroso. Nesse cenário, o Serviço Geológico do Brasil realiza o monitoramento semestral da qualidade das águas em mais de 200 pontos da região e, atualmente, desenvolve estudos para a elaboração de um novo modelo hidrogeológico conceitual. **Objetivos:** O objetivo principal é representar estatisticamente os parâmetros físico-químicos de campo dos pontos de água subterrânea inventariados no sistema aquífero Palermo-Rio Bonito (PRB), na região carbonífera de Santa Catarina (RCSC) e tecer considerações preliminares sobre a dinâmica hidrogeoquímica. **Método:** O inventário de pontos de água subterrânea foi realizado em campo com o uso do aplicativo QField. Nestes pontos, foram medidos, por meio de sondas multiparamétricas, a temperatura, o pH, o potencial de oxirredução (ORP) e a condutividade elétrica (CE). Posteriormente, foi realizada a estatística desses parâmetros, considerando as diversas classes. **Resultados:** Foram inventariados 670 pontos de águas subterrâneas, dos quais 126 representam o SAPRB. Predominam os poços tubulares (44), seguidos pelos poços escavados (33), poços de monitoramento (22), captações de fonte (17) e bocas de mina (10). De forma geral, as águas apresentam caráter levemente ácido, com as bocas de mina registrando os menores pH, associados à DAM. Já os poços tubulares exibem águas próximas da neutralidade ou da alcalinidade. Os poços de monitoramento apresentaram a maior variabilidade hidroquímica, indicando influência de aquíferos profundos e de litologias carbonosas. A CE evidencia forte contraste entre águas rasas, com baixa salinidade, e águas associadas às bocas de mina, que apresentam elevada carga iônica e grande variabilidade, refletindo processos de DAM. Os poços tubulares também demonstram elevada heterogeneidade na CE, sugerindo circulação de águas profundas influenciadas por condições geológicas locais. Os valores de ORP indicam diferenças marcantes, com bocas de mina, poços escavados e fontes naturais apresentando águas em meio oxidante, o que favorece reações de oxidação. Em contrapartida, os poços tubulares e os poços de monitoramento registram os menores valores de ORP, caracterizando ambientes profundos, confinados e fortemente redutores. **Conclusão:** A análise estatística dos parâmetros físico-químicos de campo mostrou-se eficaz para compreender a complexa dinâmica do SAPRB. As captações rasas e as bocas de mina refletem ambientes oxidantes, marcados pelo severo impacto da DAM. Já os poços tubulares e de monitoramento, revelam sistemas anóxicos, redutores e de grande heterogeneidade físico-química. Essa acentuada variabilidade confirma que a circulação subterrânea na região não ocorre em um aquífero homogêneo, mas é fortemente condicionada por diferentes litologias e anomalias locais de contaminação. Tais constatações auxiliam na seleção de pontos para a realização de análises laboratoriais completas e, assim, aprimorar a compreensão hidrogeoquímica da área. Ao final, os resultados subsidiarão o desenvolvimento de um novo modelo hidrogeológico conceitual, que orientará tomadas de decisão mais assertivas para a recuperação ambiental na RCSC.

água subterrânea; carvão; mineração;

ESTIMATIVA DA VAZÃO DE EXPLOTAÇÃO DE POÇOS TUBULARES NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL: ESTUDO DE CASO

DE VARGAS, Tiago¹; REGINATO, Pedro Antonio Roehe¹; BORTOLIN, Taison Anderson²; CARLOS, Franciêlle Schwannck¹; BELLADONA, Rossano³;
(1) UFRGS - Porto Alegre - RS - Brasil; (2) ProfÁgua-IPH/UFRGS - Porto Alegre - RS - Brasil; (3) SAMAE-Caxias do Sul - Caxias do Sul - RS - Brasil;

Tiago De Vargas (tiago.devargas@ufrgs.br)

A gestão e o planejamento da exploração de poços tubulares estão diretamente relacionados à disponibilidade hídrica dos aquíferos. Atualmente, no estado do Rio Grande do Sul, o projeto de bombeamento do poço tubular é uma das variáveis usadas para a outorga. Em aquíferos fraturados, o teste de aquífero (poço único) viabiliza a estimativa da transmissividade (T), da capacidade específica (q) e do rebaixamento máximo disponível (RD), parâmetros fundamentais para a definição da vazão de exploração (Qexp) sustentável. O objetivo deste estudo é comparar diferentes equações para a estimativa da Qexp utilizando os parâmetros T, q e RD. A área de estudo está localizada no Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), em Caxias do Sul, RS. Foram selecionados três poços tubulares (P1, P2 e P3), utilizados como reserva hídrica para o abastecimento público. Para a estimativa das vazões de exploração, foram consideradas três equações: 1ª) $Q_{exp} = q \times RD$, 2ª) $Q_{exp} = T \times RD$ e 3ª) $Q_{exp} = q_{st} \times RD$; onde Q_{exp} = vazão de exploração (m³/h), q = capacidade específica (m³/h/m), T = transmissividade (m²/h) e $q_{st} = 0,8 \times T$ (equação de Hausman). Essas equações foram aplicadas utilizando dois modelos de RD (RD' e RD''). O primeiro modelo considerou o RD' = Nível Dinâmico final (ND) – Nível Estático (NE), extraídos do teste de aquífero; o segundo considerou o RD'' = 0,6 x (Fratura Principal (FP) – NE). A estimativa do nível dinâmico de projeto (NDp) foi baseada na equação $NDp = (Q_{exp}/q) + NE$. Os dados dos testes de aquífero e dos perfis geológicos/construtivos dos poços são os seguintes: profundidade do NE para P1 = 28,62 m, P2 = 51,05 m e P3 = 1,70 m; profundidade da FP para P1 = 70 m, P2 = 102 m e P3 = 42 m; vazão estabilizada (Qest) para P1 = 1,30 m³/h, P2 = 1,35 m³/h e P3 = 20,57 m³/h; e T (cooper-Jacob) para P1 = 0,0118 m²/h, P2 = 0,0309 m²/h e P3 = 0,4962 m²/h. Como resultados, os poços apresentaram q estimadas para P1 = 0,0205 m/m³/h, P2 = 0,0287 m/m³/h e P3 = 0,6616 m/m³/h. Por outro lado, a qst mostrou valores para P1 = 0,0094 m²/h, P2 = 0,0247 m²/h e P3 = 0,3970 m²/h. A 3ª equação foi a mais conservadora, apresentando as menores estimativas da Qexp, seguida da 2ª e da 1ª equação, respectivamente. Era esperado que a 3ª equação fosse mais conservadora que a 2ª e a 1ª devido à aplicação do qst de Hausman. Entretanto, houve uma exceção para o P2, que apresentou uma Qexp um décimo maior na 2ª equação (1,45 m³/h) em comparação à Qexp na 1ª equação (1,30 m³/h). Essa pequena diferença pode estar relacionada ao ajuste (manual) da reta no gráfico de Cooper-Jacob para a determinação da T. Em relação à aplicação do RD' e RD'' nas equações, observou-se que todas as Qexp estimadas com RD'' apresentaram valores menores em comparação às obtidas com RD'. Para o P1, todas as equações com o RD'' apresentaram valores de Qexp aproximadamente 60% menores que aqueles obtidos com RD'. Essa redução também foi observada nos poços P2 (35%) e P3 (22%). O uso do RD'' torna a estimativa da Qexp mais conservadora. Esse comportamento reflete diretamente na estimativa do NDp, observando-se redução do NDp conforme aumentou o conservadorismo da Qexp. Outros estudos no SASG observaram que as Qest não podem ser consideradas como Qexp, pois a perda de capacidade de produção ou exaustão do poço tende a ocorrer mais rapidamente quando usada a Qest. Portanto, a escolha de uma equação mais conservadora pode ser adequada para manter a sustentabilidade do poço em aquíferos fraturados.

água subterrânea; poço tubular; SASG; teste de aquífero; vazão;

Assessment of Pesticide & Herbicide Transport in Relation to Geology, Soil Properties, and Surface Water–Groundwater Interaction in the Arroio Guarda-Mor Watershed Using GIS and Drone Mapping

*OLOMO, MARY ABISOLA¹; KEMERICH, PEDRO DANIEL DA CUNHA²; SILVA, EMANUEL ARAÚJO¹;
(1) Universidade Federal de Santa Maria - Frederico Westphalen - RS - Brasil; (2) Universidade Federal
de Santa Maria - Santa Maria - RS - Brasil;*

MARY ABISOLA OLOMO (bisolaolomo@gmail.com)

Introduction: Groundwater contamination associated with pesticide & herbicide use in agricultural watersheds has become an increasing environmental concern. In regions characterised by intensive agricultural activities, the interaction among geological formations, soil properties, and surface water–groundwater systems strongly influences contaminant transport and groundwater vulnerability. Understanding these interactions is essential for sustainable groundwater management and environmental protection. **Objectives:** This study aims to assess pesticide & herbicide transport in the Arroio Guarda-Mor watershed by integrating geological characteristics, soil properties, and surface water–groundwater interaction using Geographic Information Systems, drone mapping, and groundwater vulnerability assessment. **Methods:** The research integrates hydrogeological analysis with geospatial technologies to identify contaminant transport pathways and groundwater vulnerability zones. Soil properties, including texture, permeability, and retention capacity, were analyzed together with geological and hydrological conditions that influence infiltration, percolation, and runoff processes. GIS techniques and drone-based mapping were applied to generate high-resolution spatial datasets, including land-use classification, drainage networks, and topographic attributes. A multi-criteria analysis was used to produce groundwater vulnerability maps based on environmental and land-use factors. **Results:** The results indicate that soil properties, geological conditions, and hydrological processes play significant roles in the mobilization and transport of pesticides and herbicides within the watershed. Areas characterized by sandy and highly permeable soils showed higher vulnerability to contaminant infiltration and leaching, whereas clay-rich soils exhibited greater contaminant retention potential. Zones with strong surface water-groundwater interaction were identified as critical pathways for contaminant transfer. High groundwater vulnerability was mainly associated with intensive agricultural land use, shallow groundwater conditions and areas of greater infiltration potential. GIS and drone-based analyses improved the spatial identification of high-risk areas and potential contaminant transport pathways. **Conclusion:** The integration of hydrogeological analysis, GIS, and drone mapping proved effective in identifying groundwater vulnerability zones and understanding contaminant transport dynamics in agricultural watersheds. The study contributes to sustainable groundwater management by supporting environmental monitoring, risk assessment, and the development of targeted mitigation strategies for groundwater protection in agricultural regions.

GIS; Groundwater Vulnerability; Hydrogeology; Pesticide & Herbicide transport; Remote Sensing;

GERENCIAMENTO ESTRATEGICO DE AREAS CONTAMINADAS MADURAS: TRANSIÇÃO PARA MONITORAMENTO GEOQUIMICO ESPECIALIZADO VISANDO DEMONSTRAÇÃO DE ATENUAÇÃO NATURAL

MANSOR, Leonardo Mitidiero¹;
(1) *Petrobras Transporte S.A. - São Caetano do Sul - SP - Brasil;*

Leonardo Mitidiero Mansor (leonardo.mitidiero@transpetro.com.br)

Introdução: Grande parte das áreas contaminadas em gerenciamento no Brasil permanece submetida a sistemas ativos de remediação implantados há muitos anos, frequentemente com elevados custos operacionais e redução progressiva de eficiência incremental. Em diversos cenários hidrogeológicos, especialmente em instalações industriais e portuárias associadas à cadeia de derivados de petróleo, observa-se que os mecanismos naturais de degradação e estabilização geoquímica passam a representar os principais controladores da evolução das plumas contaminantes. Entretanto, persistem abordagens excessivamente baseadas apenas na persistência de concentrações químicas acima de valores orientadores, desconsiderando o comportamento hidrogeológico evolutivo das áreas contaminadas maduras. Objetivos: O presente trabalho objetiva discutir a transição estratégica de áreas contaminadas maduras para modelos de monitoramento geoquímico especializado voltados à demonstração de atenuação natural monitorada (MNA), bem como propor metodologia objetiva para identificação do grau de maturidade de áreas contaminadas baseada em múltiplos critérios técnicos de avaliação. Método: Foi proposta metodologia quantitativa denominada Índice de Maturidade de Áreas Contaminadas (IMAC), estruturada a partir de sete critérios principais: tempo de gerenciamento, conhecimento do subsolo, comportamento da pluma, eficiência tecnológica, risco residual, complexidade regulatória e sustentabilidade econômica. Cada atributo recebe pontuação entre 0 e 4, permitindo classificação evolutiva da área contaminada. A metodologia incorpora conceitos associados ao Natural Source Zone Depletion (NSZD) e Monitored Natural Attenuation (MNA), considerando estabilidade da pluma, redução de mobilidade, biodegradação natural, geração de gases, comportamento hidrogeoquímico e controle efetivo de risco. Foram utilizados como referência dois cenários reais associados a terminais portuários de derivados de petróleo com histórico superior a quinze anos de gerenciamento ambiental. Resultados: Os cenários avaliados apresentaram elevado grau de maturidade ambiental, caracterizados por plumas estabilizadas, ausência de migração relevante, inexistência de impacto a receptores externos e forte condicionamento hidrogeológico natural. Em um dos casos, verificou-se ocorrência de fase livre antiga associada a borras oleosas densas e altamente intemperizadas em ambiente sedimentar estuarino, apresentando comportamento essencialmente estático e sem expansão lateral significativa. No segundo caso, implantado sobre aterro industrial costeiro adjacente a dársena portuária, observou-se sistema contaminante estabilizado após mais de quinze anos de gerenciamento contínuo. Em ambos os cenários, a redução incremental de eficiência de sistemas ativos e o completo controle de risco indicaram elevada compatibilidade com estratégias de monitoramento geoquímico evolutivo e atenuação natural monitorada. Conclusão: A avaliação objetiva da maturidade de áreas contaminadas representa ferramenta estratégica para diferenciação entre cenários efetivamente ativos e sistemas hidrogeoquímicos estabilizados após longos ciclos de gerenciamento. A integração entre hidrogeologia, comportamento evolutivo das plumas, monitoramento geoquímico e conceitos de NSZD e MNA permite construção de modelos mais sustentáveis e tecnicamente consistentes de otimização de remediação em áreas contaminadas maduras.

áreas contaminadas; atenuação natural monitorada; hidrogeologia; monitoramento geoquímico; NSZD;

INTEGRAÇÃO ENTRE UNIDADES HIDROESTRATIGRAFICAS E FACIES GEOLOGICAS EM MODELOS CONCEITUAIS DE AREAS CONTAMINADAS: UMA ABORDAGEM DE “TERROIR HIDROGEOLOGICO”

MANSOR, Leonardo Mitidiero¹;
(1) Petrobras Transporte S.A. - São Caetano do Sul - SP - Brasil;

Leonardo Mitidiero Mansor (leonardo.mitidiero@transpetro.com.br)

Introdução A caracterização hidrogeológica em gerenciamento de áreas contaminadas (GAC) é tradicionalmente baseada na definição de unidades hidroestratigráficas relativamente homogêneas. Embora essa abordagem seja fundamental para representação regional do fluxo subterrâneo, frequentemente apresenta limitações na interpretação de sistemas sedimentares complexos, sobretudo em ambientes costeiros quaternários heterogêneos. Em muitos casos, a persistência de contaminantes, a distribuição irregular de plumas e os comportamentos hidráulicos não lineares refletem controles associados à arquitetura deposicional e às fácies geológicas, os quais não são adequadamente representados por modelos simplificados. **Objetivos** O trabalho tem como objetivo discutir a complementaridade entre unidades hidroestratigráficas e fácies geológicas na construção de modelos conceituais de áreas contaminadas, destacando a influência da heterogeneidade sedimentar sobre a conectividade hidráulica, os caminhos preferenciais de fluxo e o armazenamento de contaminantes. Busca-se ainda demonstrar a aplicação prática dessa abordagem em sistemas costeiros e transicionais, de idade quaternária, integrando observações sedimentológicas de campo e dados de investigação de alta resolução. **Método** A abordagem baseou-se em revisão conceitual integrada entre hidrogeologia aplicada, sedimentologia e arquitetura deposicional, associada à interpretação de observações de campo em ambientes costeiros quaternários da planície costeira brasileira. Foram analisados perfis sedimentológicos, escavações rasas e registros de investigação de alta resolução obtidos por ferramentas como MIP e OIPR-PT, utilizados para avaliação da variabilidade hidroestratigráfica em pequena escala. A interpretação considerou a relação entre fácies sedimentares, heterogeneidade textural, conectividade hidráulica e comportamento esperado do transporte de contaminantes. **Resultados** Os dados analisados evidenciaram forte heterogeneidade sedimentar vertical e lateral, caracterizada pela alternância entre corpos arenosos mais conectados, depósitos heterolíticos e níveis finos associados a ambientes lagunares de baixa energia. As observações de campo indicaram contrastes hidroestratigráficos significativos em escala decimétrica, frequentemente associados à retenção localizada de material oleoso e à compartimentação hidráulica parcial. Os registros de investigação de alta resolução demonstraram elevada variabilidade contínua dos parâmetros investigados, reforçando que a arquitetura deposicional exerce controle direto sobre os caminhos preferenciais de fluxo e sobre zonas de armazenamento por difusão. Isso evidenciou a importância da caracterização geológica detalhada do sistema contaminado. **Conclusão** A integração entre unidades hidroestratigráficas, fácies geológicas e arquitetura deposicional permite aprimorar significativamente os modelos conceituais aplicados ao gerenciamento de áreas contaminadas. O conceito de “terroir hidrogeológico” mostrou-se uma analogia útil para representar a influência integrada da heterogeneidade sedimentar sobre o comportamento hidráulico do meio subsuperficial. A utilização de observações sedimentológicas detalhadas e de ferramentas de investigação de alta resolução contribui para maior compreensão dos mecanismos de fluxo, armazenamento e transporte de contaminantes em sistemas costeiros e transicionais complexos, favorecendo estratégias mais realistas de investigação e remediação. áreas contaminadas; arquitetura deposicional; fácies geológicas; heterogeneidade sedimentar; hidrogeologia;

FLUIDO DE BASE POLIMERICA PARA PERFURAÇÃO DE POÇO SURGENTE E TERMAL - UM ESTUDO DE CASO

MAGALHÃES, JULIANO¹;
(1) System Fluids Com e Rep Ltda - ITAJAÍ - SC - Brasil;

JULIANO MAGALHÃES (juliano.magalhaes@systemfluids.com.br)

Este trabalho visa demonstrar e compartilhar uma formulação de fluido de base polimérica mista que foi utilizada na perfuração de um poço com particularidades de ter previsão de ser surgente e com água termal. Foi então elaborada uma formulação especial de fluido, com subsequente apresentação para avaliação junto à empresa contratada para executar a perfuração. A obra seria realizada na cidade de Foz do Iguaçu - PR, para atender às necessidades de acessórios turísticos de um hotel de renome, tais como piscinas, banheiras aquecidas, SPAs, entre outras possibilidades. O poço teria profundidade prevista de 700m, onde haveria entradas de água, nas propriedades descritas acima, a partir dos 540m. A formação geológica atravessada seriam os basaltos e arenitos da formação Serra Geral. Assim, a formulação de fluido deveria prover peso de lama para contrapor uma pressão prevista de surgência de 35 mca, além da possibilidade de temperatura até 45°C. Seria utilizado o sistema roto-pneumático até os 540m e trocaria para rotativo convencional nas áreas de produção. Sonda para utilização: Prominas R3. Dentro desse cenário, foi sugerida a formulação base a partir do biopolímero Goma Xantana, que consegue gerar viscosidade mesmo em soluções aquosas com sais dissolvidos, que seria o caso, pois também foi selecionado sal simples (cloreto de sódio) como material adensante e inibidor para o fluido. Também foi associado à formulação um redutor de filtrado de base celulose polianiónica de alta viscosidade (PAC HV) e bentonita como agente sólido formador de base para o reboco. Como o material adensante seria sal, a bentonita e o controlador de filtrado não iriam contribuir muito para a geração da curva reológica, pois o sal diminui a interação entre as partículas e moléculas em solução (efeito salino), deixando todo o controle da curva reológica para a Goma Xantana. Os parâmetros gerados foram dentro do esperado, com a perfuração sendo realizada com acompanhamento técnico. A formulação demonstrou ter uma ótima relação custo x benefício, além de atender tecnicamente todos os aspectos necessários para executar a obra com segurança operacional.

fluido; perfuração; poço; surgente; termal;

MAQUETE 3D DA BACIA DO PARANA COMO RECURSO DIDATICO EM GEOCIENCIAS

CARNEIRO, Celso Dal Ré¹; LONGHITANO, Guilherme Arthur²; GALDIANO GONÇALES, Valter³; BALSALOBRE, Berenice⁴; DOURADO, Isabelle Moreira¹; MANTESSO NETO, Virginio⁵; ANELLI, Luiz Eduardo⁶;

(1) Universidade Estadual de Campinas - Campinas - SP - Brasil; (2) Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer - Campinas - SP - Brasil; (3) DH Perfuração SP - São Paulo - SP - Brasil; (4) , Museu Aberto de Geociências, Mineralogia e Astronomia, Botucatu, SP - Botucatu - SP - Brasil; (5) Membro do Conselho Estadual de Monumentos Geológicos - São Paulo - SP - Brasil; (6) Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;

Celso Dal Ré Carneiro (cedrec@unicamp.br)

Introdução: Os autores deste trabalho vêm elaborando modelos físico-geológicos de bacias sedimentares em escala reduzida, com base em dados geológicos de subsuperfície. Os modelos constituem exemplos práticos de aplicação didática de manufatura aditiva (impressão 3D). Participam do projeto professores e alunos do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG-UNICAMP) e pesquisadores do Centro de Tecnologia de Informação Renato Archer (CTI). Objetivos: Esta comunicação descreve e analisa as soluções de visualização representadas pela versão recente do modelo 3D da Bacia do Paraná. Método: A linha de pesquisa utiliza programas de domínio público (open-access software) para produção de modelos realistas de bacias em impressoras 3D. Resultados: Produziu-se um modelo 3D da bacia, com escala horizontal 1:10.000.000, cuja representação do relevo é bastante fidedigna quando comparada com as versões anteriores. A peça removível do modelo é um sólido oco vazado, solução que evita o risco de empenamento durante a fabricação por manufatura aditiva. Nesta etapa, foi preciso reduzir as quatro partes das maquetes planejadas a duas, que são: (1) a base, que representa o Embasamento Pré-Siluriano; (2) a peça removível, abrangendo o conjunto formado pelas Camadas do Paleozoico; Mesozoico Aquífero Guarani e Mesozoico Basalto Serra Geral. As representações planejadas para a próxima etapa deverão subdividir a peça removível (2) nos três conjuntos de camadas citados, para possibilitar visualização das camadas que abrigam as águas do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Na maquete da Bacia do Parnaíba, que está em elaboração, serão adotadas as mesmas escalas horizontal e vertical, para garantir uma visão comparativa. As próximas etapas da pesquisa concentrar-se-ão na aplicação didática do modelo 3D, para avaliar sua utilidade junto a professores de educação básica. Também está prevista a elaboração de guias de modelagem computacional para a futura produção de novas representações. Conclusão: A revisão bibliográfica possibilita descrever a evolução da bacia de forma didática e pormenorizada. Desse modo, além dos modelos físicos 3D, será oferecida aos docentes uma fundamentação teórica, que consistirá de um texto de síntese sobre a sucessão de unidades ao longo do tempo.

EDUCAÇÃO; ENSINO DE GEOLOGIA; GEOCIÊNCIAS; INTERDISCIPLINARIDADE;

PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NA SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA DE SÃO PAULO

CARNEIRO, Celso Dal Ré¹; GALDIANO GONÇALES, Valter²; BALSALOBRE, Berenice³; MANTESSO NETO, Virginio⁴; ANELLI, Luiz Eduardo⁵;

(1) Universidade Estadual de Campinas - Campinas - SP - Brasil; (2) DH Perfuração SP - São Paulo - SP - Brasil; (3) Museu Aberto de Geociências, Mineralogia e Astronomia - Botucatu - SP - Brasil; (4) Membro do Conselho Estadual de Monumentos Geológicos - São Paulo - SP - Brasil; (5) Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;

Celso Dal Ré Carneiro (cedrec@unicamp.br)

Introdução O projeto Percursos Pedagógicos Geológicos (PPG) faz parte de um programa de divulgação científica denominado ProSAG, orientado para a proteção das águas do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Em reunião do ProSAG com a Agência Reguladora de Transporte do Estado de São Paulo (Artesp), fomos informados de que ações desenvolvidas por várias entidades resultaram na aprovação, pela Assembleia Legislativa Paulista, da Lei n.º 16.772/2018, que dispõe sobre a sinalização das áreas de afloramento das camadas de arenitos mesozoicos que abrigam águas do Sistema Aquífero Guarani (SAG). As ações do ProSAG focalizam os seguintes municípios do Estado de São Paulo: Botucatu, Anhembí, Bofete, Pardinho, Ribeirão Preto, dentre outros. **Objetivos:** O trabalho visa inventariar e, posteriormente, discutir a eficácia dos materiais existentes ou em fase de planejamento para a sinalização de trechos das rodovias que atravessam as áreas de recarga direta do SAG. **Método:** O trabalho envolve avaliação crítica dos documentos e materiais gerados até hoje pelo ProSAG, com a finalidade de subsidiar a elaboração de novas placas de sinalização rodoviária nas rodovias estaduais, bem como painéis didáticos a serem colocados em áreas de livre acesso. **Resultados:** Os PPG, uma vez licenciados pelos órgãos gestores, devem constituir uma oportunidade incomparável de sistematização e divulgação do conhecimento das Geociências à sociedade. Os autores acreditam na multiplicação desses recursos pelos docentes em exercício na rede educacional da região focalizada, ao mesmo tempo em que incentivam a replicação de propostas similares em outros estados da Federação. **Conclusão:** Ao aproximar a população do conhecimento gerado pela pesquisa científica, este projeto fortalece a premissa de que a divulgação científica especializada tem a função notável de proporcionar um novo olhar de cada pessoa para o entorno da comunidade em que vive.

COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA; EDUCAÇÃO; ENSINO DE GEOLOGIA; GEOCIÊNCIAS; INTERDISCIPLINARIDADE;

DIAGNOSTICO DAS AGUAS SUBTERRANEAS NO MUNICIPIO DE NATAL-RN COM AUXILIO DE GEOTECNOLOGIAS

MOREIRA, Melquisedec Medeiros¹; SOUZA, Newton Moreira²; ARRAES, Kátia Alves³; MEDEIROS, Lucas Oliveira⁴;

(1) MCTI - Natal - RN - Brasil; (2) Universidade de Brasília - Brasília - DF - Brasil; (3) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Natal - RN - Brasil; (4) UFRN - Natal - RN - Brasil;

Melquisedec

Medeiros

Moreira

(melquisedec.moreira@inpe.br)

Introdução: A presente pesquisa está sendo desenvolvida a partir dos procedimentos e premissas do “Manual para o zoneamento de susceptibilidade de perigo e risco de deslizamento para o planejamento de uso do solo”, Fell et al. (2008), que foi publicado em um número especial da revista Engineering Geology juntamente com vários outros artigos nesta mesma temática, e executada pelo grupo de Geoprocessamento do MCTI/ INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)/ COENE (Coordenação Espacial do Nordeste), podendo ser consultado no link: Mapas Municipais Geoambientais (inpe.br). **Objetivos:** A unidade aflorante mais antiga consiste dos sedimentos da Formação Barreiras, seguido dos sedimentos da Formação Potengi e “Beachrocks”. Completando a estratigrafia da área, têm-se os sedimentos de mangues e aluvionares, as areias de dunas descaracterizadas, dunas fixas e móveis, e os sedimentos praias. Conforme o trabalho coordenado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos-RN (Natal: PSP/SEMARH, 2012) foram mapeadas no Bloco Litoral Sul (BLS) à Região Metropolitana de Natal-RN, espaços relativamente extensos com alta favorabilidade à exploração do Aquífero Barreiras, tratando-se de um sistema aquífero livre, com comportamento em locais específicos de aquífero semiconfinado. A espessura do aquífero cresce no sentido de oeste para leste em direção ao mar. São identificados três blocos, cuja compartimentação ocorre provavelmente devido a falhamentos escalonados nessa direção. A condutividade hidráulica do aquífero é em média de 1,9 m/dia ou $2,1 \times 10^{-5}$ m/s, o que é característico de arenitos finos a grossos com percentual de argila. No caso do aquífero ser semiconfinado, o aquífero Barreiras é limitado no topo por uma camada semipermeável caracterizada como aquitardo formada de argilitos arenosos, cuja condutividade hidráulica média é da ordem de 2×10^{-3} m/dia ou $2,3 \times 10^{-8}$ m/s. No caso do aquífero se comportar como livre, os estratos superiores são em geral formados de areias finas e maioria dos casos com percentual argiloso. **Método:** O aquífero Barreiras constitui o principal manancial hídrico no abastecimento d’água da cidade de Natal, compreendendo um conjunto de estratos sedimentares exclusivamente clásticos, subhorizontais e descontínuos. Em subsuperfície pode-se, pela análise dos perfis de poços, individualizar 2 unidades distintas: uma média-inferior, constituída por arenitos finos a grosseiros, com níveis de seixos e cascalhos, com pouco conteúdo de argila, possuindo coloração variável de amarelada a esbranquiçada, formando o aquífero propriamente dito, e outra unidade superior, formada, predominantemente, por argilitos arenosos e arenitos argilosos, de cores variadas/geralmente avermelhadas, que dá origem ao aquitardo. **Resultados:** A existência de intercalações argilosas limita sua espessura útil para exploração e também aumenta a complexidade do sistema hidráulico, no entanto fornece uma proteção ao aquífero. **Conclusão:** A análise dos perfis de sondagens geotécnicas e de poços da GEPÊ ENGENHARIA LTDA, revelaram a presença de uma sequência de níveis de argilas, com espessuras variáveis. Essas unidades também são evidenciadas nas diferentes áreas em que existem baterias de poços da Empresa pública. Desta forma na área foram definidos dois sistemas aquíferos: Dunas-Potengi e Barreiras. No Município de Natal o aquífero Barreiras apresenta um comportamento, na grande maioria, sob condições de semi-confinamento. água subterrânea; Aquitardo; Geotecnologias;

ESTRATEGIAS OPERACIONAIS NA GESTAO DE AGUA SUBTERRANEA EM MINERAÇÃO: INFLUENCIA DAS PROPRIEDADES INTRINSECAS E DO CONTROLE HIDROESTRUTURAL EM AQUIFEROS FERRUGINOSOS

*KELMER, Luiza Rocha¹; CARVALHO, Daniel Augusto Lima¹; AZEVEDO, Daniel Prado¹;
(1) Anglo American - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Luiza

Rocha

Kelmer

(luizakelmer@gmail.com)

Introdução: A hidrogeologia de formações ferríferas caracteriza-se por elevada complexidade, resultante da heterogeneidade litológica e estrutural, que se reflete diretamente na configuração e na hidrodinâmica subterrânea. Nesse contexto, o itabirito friável, além de constituir a principal fonte de minério, configura-se como o principal aquífero, apresentando elevada porosidade efetiva, alta conectividade hidráulica e significativa capacidade de armazenamento, desempenhando papel preponderante no controle do fluxo subterrâneo. **Objetivo:** O presente estudo tem como objetivo analisar a correlação entre as propriedades intrínsecas desses aquíferos e as práticas operacionais de gestão hídrica, com base em evidências práticas no contexto de mineração. **Método:** A metodologia fundamenta-se na análise integrada de dados, com ênfase na interpretação do comportamento hidrodinâmico sob condições de exploração. Foram empregados dados de monitoramento piezométrico contínuo e análises da resposta ao bombeamento, visando à caracterização de variações de carga hidráulica, condições de confinamento e padrões de fluxo subterrâneo. No que se refere à implantação de poços tubulares profundos, a definição de intervalos produtivos orienta-se pela execução de furos guia, permitindo a identificação de contatos litológicos e padrões de fraturamento. A integração dessas informações subsidia a elaboração de modelos conceituais hidrogeológicos, contemplando as inter-relações entre a estrutura geológica, a conectividade hidráulica e a resposta ao rebaixamento. No regime de fluxo subsuperficial, destaca-se a integração com as estruturas de drenagem superficial, especialmente os sumps operacionais, bem como o desenvolvimento de zonas de dano no itabirito compacto induzido pelo desmonte, as quais podem atuar como áreas de recarga localizadas, além da formação de zona saturadas suspensas (com comportamento de aquífero suspenso) associada à canga ferruginosa. Destaca-se, ainda, a influência do contraste hidráulico entre diferentes litologias, particularmente a presença de rochas intrusivas de baixa permeabilidade, promovendo a compartimentação do aquífero. **Resultados:** Nesse contexto, verifica-se que as características intrínsecas dos aquíferos em formações ferruginosas exercem influência na tomada de decisão e no gerenciamento hídrico, orientando critérios operacionais, estratégias de rebaixamento e a gestão adaptativa das captações ao longo do desenvolvimento da mina no médio e longo prazo. A anisotropia e controle estrutural da conectividade do itabirito friável condiciona a resposta ao bombeamento, reforçando a relevância do monitoramento contínuo. **Conclusão:** A análise integrada das variações do nível d'água associadas aos processos de recarga e exploração fornece subsídios fundamentais ao planejamento de lavra e à implantação de novos poços, evidenciando a importância da instrumentação hidrogeológica. A incorporação sistemática desses dados aos modelos conceituais e operacionais amplia a previsibilidade do sistema de rebaixamento, otimiza a tomada de decisão e contribui para a conformidade com requisitos de outorga, especialmente no controle de vazões e mitigação de impactos, promovendo maior segurança hidrogeológica e sustentabilidade das operações minerárias.

Análise Integrada; Formação Ferrífera; Rebaixamento;

BALANÇO HIDROCLIMATOLOGICO UTILIZANDO METODO DE THORNTHWAITTE E MATHER (1955) PARA O MUNICIPIO DE MISSAO VELHA SITUADO NA PORÇAO LESTE DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE, SUL DO ESTADO DO CEARA

CUNHA, RAIMUNDO GLAUBER¹;
(1) CPRM - Fortaleza - CE - Brasil;
RAIMUNDO GLAUBER CUNHA (glauber.cunha@sgb.gov.br)

Este estudo aplica o método de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) ao município de Missão Velha, sul do Ceará, com o objetivo de estimar o volume de água precipitada que contribui para a recarga subterrânea, constituindo a reserva renovável passível de exploração. Foi utilizada a série pluviométrica no período de 1995 e 2024 utilizando dados de chuva de 16 estações pluviométricas presentes no município de Missão Velha e no seu entorno as quais pertencem a Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME).O método é uma forma indireta de monitorar o armazenamento hídrico no solo, sendo adequado para regiões com alternância marcada entre períodos secos e chuvosos, como ocorre em Missão Velha, situada majoritariamente sobre a bacia sedimentar do Araripe, onde predominam rochas porosas favoráveis à infiltração e transferência de água. A infiltração total resulta da soma da água retida no solo (Ir) e da infiltração eficaz (Ie), que alimenta o aquífero livre e reflete as variações das reservas subterrâneas. Castany (1975) propôs a equação $Ie = PPT - (ETR + ES)$, sendo PPT a precipitação, ETR a evapotranspiração real e ES o escoamento superficial. Em áreas de alta permeabilidade e baixo escoamento, a equação simplifica-se para $Ie = PPT - ETR$. A metodologia considera que o solo oferece resistência crescente à perda de água conforme diminui o armazenamento. Quando a precipitação supera a evapotranspiração potencial, ocorre recarga do solo até sua capacidade máxima; o excedente é drenagem profunda ou escoamento. As variáveis de entrada são precipitação e evapotranspiração potencial, e as de saída incluem variação do armazenamento, evapotranspiração real, excedente e deficiência hídrica. Os resultados, para um CAD de 100 mm (valor típico da região) e considerando a normal climatológica 1995-2024, indicaram excedente hídrico (infiltração efetiva) de 52,7 mm em março e 38,7 mm em abril, totalizando recarga média anual de 91,4 mm. A precipitação anual foi de 954,9 mm, a evapotranspiração potencial de 1787,7 mm, a evapotranspiração real de 863,5 mm e o déficit hídrico de 924,3 mm, distribuído entre maio e janeiro, com 84% concentrado entre agosto e dezembro. A conclusão evidencia que 10% da precipitação anual contribuiu para a recarga do aquífero, concentrada nos meses de março e abril. A precipitação mostrou forte sazonalidade, delimitando claramente períodos chuvosos e secos. A relação entre precipitação e evapotranspiração anual demonstra que evapotranspira mais do que precipita, confirmando que o solo não retém água de forma significativa, em consonância com o método aplicado. O balanço hídrico ressalta a necessidade de gestão eficiente dos recursos subterrâneos, com medidas preventivas para enfrentar os períodos de seca e garantir sustentabilidade hídrica na região. Referências CASTANY, G. Prospeccion y explotación de las Aguas Subterráneas. Barcelona: Omega S.A., v. 738p, 1975. CPRM. Diagnóstico de segurança hídrica do município de Missão Velha/CE. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Fortaleza, p.13. 2025 FUNCEME. Caracterização climática do Ceará. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2025. Disponível em: . Acesso em: 03 dezembro 2025. THORNTHWAITTE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. (Climatology, v. 8, n. 1). Infiltração Efetiva; Palavras Chave: Precipitação; Thornthwaite e Mather;

RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E VARIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DO ÍON CLORETO NO AQUIFERO FISSURAL DA REGIÃO DO VALE DO JIQUIRICA E SEU ENTORNO, PORÇÃO CENTRO-LESTE DO ESTADO DA BAHIA, BRASIL

DE ANDRADE, JOÃO BATISTA MATOS¹; XAVIER, ANA LUIZA SILVA¹; MASCARENHAS, LEONARDO SOARES²;

(1) CERB - SALVADOR - BA - Brasil; (2) UFBA - SALVADOR - BA - Brasil;

JOÃO BATISTA MATOS DE ANDRADE (hidroexplorer@gmail.com)

Introdução: Ainda que o íon cloreto (Cl⁻) seja praticamente ausente na composição mineralógica das rochas da crosta terrestre, este íon é um dos mais relevantes constituintes das águas subterrâneas. Sua presença nesse meio está associada à precipitação pluviométrica e posterior evapotranspiração, resultando em concentrações cíclicas sazonais desse elemento, o que torna o cloreto em um indicador clássico de processos de recarga e evapotranspiração. Esse estudo analisou dados obtidos de uma área de cerca de 7.400 km², na região centro-leste do Estado da Bahia, com diferença pluviométrica notável, buscando avaliar essa correlação. Objetivos: o presente trabalho teve como objetivo mostrar correlação entre o incremento das concentrações do íon cloreto (Cl⁻) e a redução das precipitações pluviométricas anuais em uma área contígua, sobre litologias e estruturas geológicas similares, porém com diferença marcante de precipitações. Método: foram utilizados dados hidroquímicos de 368 (trezentos e sessenta e oito) poços arquivados no banco de dados da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia-CERB, todos distribuídos na área de estudo, e situados sobre o domínio dos aquíferos fraturados cristalinos, compostos predominantemente por rochas gnáissicas e granulíticas. Os dados de precipitações pluviométricas utilizados foram obtidos do Plano Estadual de Recursos Hídricos-PERH, 2005. Tanto os dados das concentrações dos cloretos quanto os da pluviometria foram espacializados e interpolados utilizando-se o método da krigagem ordinária no software ArcGis (ArcMap 10.8 - 2019). Os mapas de isoconcentrações do íon cloreto e das isoietas gerados possibilitaram realizar a análise para atingir o objetivo desejado. Resultados: A análise dos dados a partir dos mapas gerados mostram que a porção leste e central da área estudada possui elevados índices de precipitação pluviométrica, entre 1000 e 2600 mm/ano, coincidindo com concentrações do íon cloreto em sua maioria inferiores a 1220 mg/L. Por outro lado, adentrando à porção oeste, com predominância do clima semiárido, pluviometria abaixo de 1000mm/ano, as concentrações do íon cloreto são mais elevadas, atingindo valores em sua maioria acima de 3.700 mg/L até 18.620 mg/L. Conclusão: Os resultados obtidos para a área de interesse no presente estudo ratificam o comportamento esperado para regiões com litotipos similares e diferentes índices pluviométricos; ou seja, a relação típica inversamente proporcional entre a variação das concentrações do íon cloreto nas águas subterrâneas em função de variação da pluviometria: quanto maior a pluviosidade, maior a diluição, menor a evapotranspiração e menor a concentração desse íon. Vale ressaltar que, o fato do cloreto (Cl⁻) ser um íon de alto tempo de residência, também contribui para um incremento de sua concentração, uma vez que ele não é suscetível a nenhum processo de remoção natural (Andrade, 2010), se tornando dessa maneira um indicador clássico de processos de recarga e evapotranspiração. Avaliando variação das concentrações de cloretos em ambientes de litologias similares, essa relação será governada principalmente pelo balanço de massas e pelo efeito de diluição ou concentração.

água subterrânea; Cloreto; Pluviometria;

**VIGILANCIA EM SAUDE AMBIENTAL E GESTAO DE RISCO ASSOCIADA A CONTAMINAÇÃO DE
AGUAS SUBTERRANEAS EM CONTEXTOS URBANOS**

*VENCIGUERRA, Lucas Souza¹; GÜNTHER, Wanda Maria Risso¹;
(1) Faculdade de Saúde Pública da USP - SÃO PAULO - SP - Brasil;*

Lucas Souza Venciguerra (lucasvenciguerra@gmail.com)

Introdução: O processo de urbanização e industrialização ocorrido nas grandes regiões metropolitanas brasileiras resultou na formação de inúmeros passivos ambientais associados ao manejo inadequado de substâncias químicas e resíduos industriais. Neste contexto, as águas subterrâneas nas cidades configuram importante via potencial de exposição humana, especialmente em territórios densamente ocupados e marcados por desigualdades socioambientais. Apesar da relevância do tema, a compreensão dos riscos associados à contaminação ambiental ainda apresenta desafios relacionados à complexidade técnica das informações, à invisibilidade dos processos hidrogeológicos e à integração entre os setores de saúde e meio ambiente. Objetivos: Discutir a interface entre vigilância em saúde ambiental, gestão de risco e contaminação de águas subterrâneas em áreas urbanas, considerando os desafios relacionados à comunicação e à proteção da saúde pública em áreas contaminadas. Método: O estudo foi desenvolvido a partir de revisão bibliográfica e documental sobre áreas contaminadas, vigilância em saúde ambiental, letramento em saúde e comunicação de risco, com enfoque em áreas urbanas do ABC Paulista. Foram analisados referenciais técnicos, normativos e acadêmicos relacionados à contaminação ambiental, exposição humana e estratégias de comunicação aplicadas à saúde ambiental. Resultados: Observa-se que o gerenciamento de áreas contaminadas urbanas demanda abordagens integradas capazes de articular aspectos hidrogeológicos, sanitários e sociais. A dificuldade de compreensão pública acerca da dinâmica das águas subterrâneas e dos mecanismos de exposição associados à contaminação ambiental contribui para a invisibilidade do risco e limita processos participativos de prevenção e vigilância. Identificou-se ainda a necessidade de fortalecimento das estratégias de comunicação educativa voltadas à tradução de informações técnicas para diferentes públicos, especialmente em territórios vulneráveis e historicamente impactados por atividades potencialmente poluidoras. Conclusão: A vigilância em saúde ambiental relacionada à contaminação de águas subterrâneas urbanas requer integração entre produção técnica, gestão pública e comunicação social. Estratégias de educomunicação e divulgação científica podem contribuir para ampliar a compreensão social sobre os riscos ambientais e fortalecer ações preventivas e de proteção à saúde coletiva em áreas contaminadas.

águas subterrâneas; áreas contaminadas; comunicação educativa; gestão de risco; vigilância em saúde ambiental;

AVALIAÇÃO DA ZONA DE CAPTURA E ZONA DE TRANSPORTE, EM POÇO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO/RN

DINIZ FILHO, JOSÉ BRAZ¹; DE ARAÚJO E SILVA, RAFAELA²; DOS SANTOS, CIBELLE FERREIRA²;
(1) UFRN (Departamento de Geologia) - NATAL - RN - Brasil; (2) UFRN - PPGG (Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica) - Natal - RN - Brasil;

JOSÉ BRAZ DINIZ FILHO (braz.diniz@ufrn.br)

Introdução: Os perímetros de proteção de poços (Zona de Captura “ZC”; Zona de Transporte “ZT” de Proteção Biológica, de 50 dias de trânsito da água; “ZT” de Remediação, de 2 anos de trânsito da água ou 720 dias; entre outras) são áreas adotadas para restrições ao uso, evitando riscos de comprometer a qualidade e potabilidade de águas de poços para abastecimento público. Desta forma, nas áreas de recarga dos poços se impõem maiores restrições de uso do solo, nos locais mais próximos às captações. A Zona de captura (ZC) de poço é área de proteção mais externa, na qual toda a água de recarga do aquífero será captada pelo poço, sendo delimitada neste trabalho a partir dos valores do gradiente hidráulico (i) da superfície freática, da Condutividade Hidráulica (K), da espessura saturada (b), e da Vazão do poço (Q), e fluxo subterrâneo uniforme, segundo a Lei de Darcy. Nos locais além do limite da ZC, o fluxo subterrâneo segue o padrão normal, e passa lateralmente pelo poço bombeado. No interior da ZC, contudo, os contaminantes podem seguir para o poço bombeado, caso não sejam degradados ou diluídos. Neste trabalho foram caracterizadas as áreas de proteção (ZC, e ZT) para um poço de abastecimento “PA” captando águas do Aquífero Barreiras, litoral oriental do RN. **Objetivos:** Apresentar parâmetros hidrogeológicos usados na delimitação da ZC e ZT para o poço PA, no Aquífero Barreiras, Litoral Oriental/RN, visando subsidiar a gestão de sua proteção, e o fornecimento de água potável. **Método:** Foram usadas as seguintes equações analíticas de fluxo uniforme citadas na literatura para estimativa dos limites da ZC: Largura máxima da zona de captura ($Y_{max} \pm = Q/2Kbi$), à montante do poço bombeado em relação ao sentido de fluxo; A borda da zona de captura ($X = (-Y) / (\tan(2\pi \cdot K \cdot b \cdot i \cdot Y / Q))$), cuja largura é maior à montante do fluxo, e diminui para jusante, no sentido do poço; E o ponto de Estagnação ($X_o = Q / 2\pi Kbi$), situado à jusante do próprio poço bombeado, na porção mais estreita da ZC. As Zonas de Transporte ZT (de 50 dias; e 720 dias ou 2 anos) foram avaliadas através do produto da velocidade real de Darcy, pelo tempo de trânsito ($ZT = (K \cdot i / Sy) \cdot \text{tempo trânsito}$). As variáveis compreenderam os seguintes valores obtidos na área estudada: $Q = 120 \text{ m}^3/\text{h}$; $K = 0,3852 \text{ m/h}$; $b = 62,02 \text{ m}$; $Sy = 5 \times 10^{-2}$; $i = 0,003$). **Resultados:** A largura máxima da ZC foi da ordem de: $Y \pm 837$ metros, equivalente a 1.674 m no total. O ponto de Estagnação obtido foi $X_o = -266 \text{ m}$, à jusante do poço PA. A borda da ZC está a 800 m ($Y \pm = 800 \text{ m}$) acima e abaixo da linha do poço, equivalente a largura da ZC = 1.600 m, a uma distância aproximada de 5,63 km, à montante do poço bombeado PA. À jusante deste poço (a cerca de 214 metros deste, ou, $X = -214 \text{ m}$, igual ao intervalo entre o poço PA e o Ponto de Estagnação X_o), a largura da ZC é da ordem de 400 m ($Y \pm = 200 \text{ m}$, acima e abaixo da linha do poço). Portanto, as larguras da ZC diminuem de montante para jusante do fluxo. A Zona de Transporte (ZT) para o tempo de trânsito de 50 dias foi da ordem de: “ZT50dias = 27,2 metros” (proteção biológica); e “ZT720dias = 400 metros” (zona de remediação). **Conclusão:** Nos últimos 14 anos têm predominado, na área do poço, atividades rurais (agrícolas, granjas, etc.) dentro da ZC. Contudo, não tem havido monitoramento dos índices de Nitrato, nem de organismos patogênicos, que possam (ou não) estar sendo capturados pelo bombeamento do poço PA.

Perímetros de Proteção; Poço de Abastecimento; Zona de Captura;

O USO PARTICULAR DE AGUA SUBTERRANEA NO INTERIOR PAULISTA: ESTUDO DE CASO EM BAURU (2010-2024)

*FREIRE, Renata Novais¹; RÖRIG, Fernando Schuh¹; SUHOGUSOFF, Alexandra Vieira¹; OLIVEIRA, Beatriz Sartori¹; RIBEIRO, Wagner Costa¹; HIRATA, Ricardo César Aoki¹;
(1) Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;*

Renata Novais Freire (renata.freire@usp.br)

No Brasil, a exploração por meio de milhões de poços tubulares representa uma parcela significativa da oferta hídrica, atuando como complemento aos sistemas públicos e contribuindo para a segurança hídrica. Em Bauru (SP), o abastecimento público coexiste com o uso de poços particulares, que vêm ganhando importância crescente no contexto local e regional, sobretudo diante das sucessivas crises hídricas, cuja evolução foi objeto de análise neste estudo, compondo um cenário de busca por resiliência urbana. Este estudo tem como objetivo geral avaliar a evolução temporal e espacial da exploração de água subterrânea por poços particulares no município de Bauru, entre 2010 e 2024, pretendendo identificar o período de atividade dos poços, analisar as variações mensais das vazões extraídas, caracterizar a dispersão espacial dos usos e conhecer os fatores que motivam a perfuração. As atividades consistiram em revisão bibliográfica, análise do período de operação dos poços por meio de documentos pré-existentes, pesquisa de campo com entrevistas a usuários residenciais para identificar motivações de uso e análise espacial e temporal da evolução da exploração associada às características socioeconômicas dos setores censitários. A base de dados consolidada compreende 660 poços, dos quais 581 estão ativos, com vazão anual explorada que aumentou de 4.386.952 m³/ano em 2010 para 5.247.021 m³/ano em 2024. A análise dos poços residenciais, categoria que cresceu 211% no período, permitiu identificar dois padrões de concentração espacial: poços associados a edifícios em áreas densas, possivelmente mais suscetíveis a falhas no abastecimento público, e poços em condomínios horizontais em áreas de baixa densidade e maior renda. A evolução temporal evidencia o aumento do consumo comercial e residencial (especialmente a partir de 2016) e tendências heterogêneas nas demais finalidades. Conclui-se que o uso de poços particulares tem grande importância no abastecimento de Bauru, reforçando a crescente dependência desse recurso como complemento ao sistema público, atuando como estratégia de mitigação de falhas em áreas antigas ou de redução de custos em urbanizações recentes.

abastecimento hídrico; exploração; poços particulares;

COMPORTAMENTO HIDROLOGICO DAS NASCENTES E DO AQUIFERO FREATICO EM AREA PILOTO NO PARQUE CIENTEC, SAO PAULO-SP – RESULTADOS PRELIMINARES

GUERRA, Murilo Carrilho¹; IRITANI, Mara Akie¹; DO AMARAL, Rosângela¹; NEGRI, Francisco de Assis¹; DIONÍSIO, Marcio Félix¹; DE SOUZA, Edney Xavier¹; SANCHES, Gilberto da Silva¹; DE OLIVEIRA, Jessica Freitas Vegh¹; EZAKI, Sibebe¹;
(1) Instituto de Pesquisas Ambientais - São Paulo - SP - Brasil;

Murilo Carrilho Guerra (muriloguerra2006@gmail.com)

Introdução O Parque Cientec da USP, localizado na cabeceira da bacia hidrográfica do córrego do Ipiranga, na região sul da cidade de São Paulo, e assentado sobre os sedimentos do Aquífero São Paulo, próximo ao contato com o Aquífero Cristalino, abriga corpos hídricos com pouca interferência antrópica. Por essa razão, uma área piloto, composta por duas microbacias, está sendo estudada para avaliar a dinâmica de nascentes em bacias preservadas inseridas em região com entorno intensamente urbanizado. Entender a contribuição hídrica das áreas com cobertura vegetal (ou permeáveis) em bacias urbanas torna-se importante para avaliar o impacto que as mudanças climáticas podem causar ao seu equilíbrio hídrico. **Objetivos** O objetivo desse trabalho é apresentar os dados de monitoramento das nascentes e dos poços localizados na microbacia oeste da área piloto e apresentar a avaliação preliminar do comportamento hidrológico dessas nascentes e sua interação com a água subterrânea. **Método** O monitoramento de duas nascentes (N13 e N16) foi feito manualmente entre 2023 e 2025, através da marcação do ponto de surgência da água. A periodicidade foi, aproximadamente, a cada 3 meses, ao final das estações climáticas. Cerca de 10 metros a montante da confluência dos canais de escoamento das duas nascentes foram construídos dois poços (PZ1-1 e PZ1-2), com profundidades de 3 e 8 m, respectivamente, cujos níveis de água são monitorados a cada 10 minutos. A análise baseou-se na comparação da cota potenciométrica das nascentes e dos poços e na correlação com o regime pluviométrico. Os dados de precipitação foram obtidos na Estação Meteorológica do IAG/USP, no Parque Cientec. Para a determinação da potenciométrica do ponto de surgência das nascentes e do nível da água nos poços, as cotas topográficas foram obtidas a partir do tratamento da nuvem de pontos LiDAR (4 pontos/m²) da base cartográfica de 2023 do IGC do Estado de São Paulo. **Resultados** O nível da água do aquífero assim como a potenciométrica das nascentes apresenta uma variação sazonal, com estreita relação com a precipitação. O nível potenciométrico dos poços indica um componente de fluxo ascendente, onde os cursos d'água são áreas de descarga do aquífero freático. No período de abril a outubro/2025, quando há sobreposição de dados dos pontos monitorados, a variação do lençol freático próximo ao exutório da microbacia oeste foi de 0,3 a 0,45 m enquanto na meia encosta, a potenciométrica dos pontos de surgência das nascentes variou entre 2,3 e 2,6 m. Devido à topografia suave do canal de escoamento, essa variação potenciométrica do aquífero na região de encosta refletiu em um deslocamento de até 59 m do ponto de surgência da Nascente N13 e de 48 m para a Nascente N16. O monitoramento das nascentes em 2023 e 2024 mostraram deslocamentos maiores, chegando a superar os 70 metros para a nascente N13, onde um dos fatores de influência é, provavelmente, o volume total anual de chuva que foi bem superior ao ano de 2025 (1366 mm). **Conclusão** O monitoramento realizado até o momento mostra que a variação do nível potenciométrico do aquífero freático reage rapidamente aos eventos de precipitação e, em canais de escoamento com baixa declividade, reflete no deslocamento do ponto de surgência das nascentes, que pode chegar a distâncias superiores a 50 metros. Esses resultados preliminares levam a uma reflexão sobre a necessidade de revisão dos instrumentos de proteção de nascentes sob a ótica do Código Florestal (BRASIL, 2012).

Aquífero freático; monitoramento; Nascentes; Parque Cientec;

DISPONIBILIDADE DE AGUA SUBTERRANEA NAS BACIAS DOS RIOS JACARE GUAÇU E JACARE PEPIRA

*PERRONI, Julio Cesar¹; COSTA, Marcio Alberto²; NICOLAU, Marcele Carla³;
(1) Geowater - Araraquara - SP - Brasil; (2) Geoinovações - São Paulo - SP - Brasil; (3) IPT - São Paulo - SP - Brasil;*

Julio

Cesar

Perroni

(julioperroni@gmail.com)

Introdução As bacias dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, inseridas na UGRHI-13, localizam-se em uma das regiões de maior uso de águas subterrâneas do Estado de São Paulo e concentram municípios altamente dependentes de poços tubulares profundos para abastecimento público e uso industrial. A disponibilidade e a qualidade natural das águas do Sistema Aquífero Guarani favoreceram a expansão das captações subterrâneas. Entretanto, a intensificação das extrações em áreas urbanas específicas resultou em elevados gradientes de exploração, formação de cones de rebaixamento, interferência hidráulica e aumento das perdas de eficiência operacional, especialmente nas áreas de afloramento e recarga. **Objetivos** Analisar os impactos hidrogeológicos decorrentes da concentração de exploração de água subterrânea nas bacias Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira e seus efeitos sobre a sustentabilidade regional do Sistema Aquífero Guarani. **Método** Análise baseada em documentos técnicos e literatura acadêmica, considerando aspectos hidrogeológicos, vulnerabilidade das áreas de recarga e limitações dos mecanismos atuais de gestão das águas subterrâneas. **Resultados** A concentração espacial das captações subterrâneas promove superposição de cones de rebaixamento, interferência hidráulica entre poços, redução de vazões específicas, aumento da profundidade dinâmica de bombeamento e elevação dos custos operacionais. A exploração intensiva associada ao rebaixamento potenciométrico pode ampliar riscos ambientais, favorecendo: migração de contaminantes superficiais; indução de plumas urbanas; infiltração de nitratos; contaminação por combustíveis e solventes; mobilização de águas de pior qualidade. A expansão urbana sobre áreas de recarga também reduz a infiltração regional devido à impermeabilização crescente do solo. Persistem limitações relacionadas à ausência de cadastros atualizados de poços, insuficiência de monitoramento piezométrico contínuo e baixa integração entre o planejamento urbano e a proteção das áreas de recarga. Os resultados preliminares do estudo indicam rebaixamento do nível estático da ordem de 1,36 m/ano, evidenciando tendência de aumento das pressões sobre o aquífero. As regiões urbanas de Araraquara e São Carlos já apresentam histórico de rebaixamento do nível potenciométrico associado à elevada concentração de captações subterrâneas. **Conclusão** A concentração espacial das captações subterrâneas tornou-se um dos principais fatores de pressão hidrogeológica regional. A sustentabilidade do Sistema Aquífero Guarani depende do controle da densidade de poços, da proteção das áreas de recarga, da ampliação do monitoramento regional, do cadastramento atualizado de poços e da integração entre planejamento urbano, saneamento e gestão das águas subterrâneas. **Palavras-chave:** Sistema Aquífero Guarani; exploração concentrada; águas subterrâneas; UGRHI-13; gestão hidrogeológica. Aquífero Guarani; Araraquara; São Carlos;

CORRELAÇÃO ENTRE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS E RESISTIVIDADE DA ÁGUA OBTIDA POR PERFIS GEOFÍSICOS EM POÇOS TUBULARES DO SEMIÁRIDO BAIANO

*PEIXINHO, Marco Antonio LIMA¹; NERY, Geraldo Girão²; ;DUARTE, Natália Tavares³;
(1) CERB - Salvador - BA - Brasil; (2) Consultor independente - Salvador - BA - Brasil; (3) Consultora independente - Canada;*

Marco Antonio LIMA Peixinho (mpeixinho@terra.com.br)

Introdução: A avaliação da qualidade da água subterrânea é uma etapa fundamental na construção de poços tubulares profundos, especialmente em bacias sedimentares onde podem ocorrer aquíferos com diferentes níveis de salinidade. A perfilagem geofísica constitui importante ferramenta para identificar intervalos aquíferos com melhor qualidade hidroquímica antes da completação do poço, permitindo o isolamento de zonas salinizadas e a otimização da captação de água destinada ao abastecimento humano. O presente estudo deriva da dissertação de mestrado de Peixinho (2016), desenvolvida no Instituto de Geociências da UFBA, na qual foi proposta e validada a correlação entre resistividade da água obtida por perfilagem geofísica e sólidos totais dissolvidos determinados em laboratório. **Objetivos:** Correlacionar os valores de sólidos totais dissolvidos obtidos em análises laboratoriais (STDlab) com a resistividade da água obtida por perfilagem geofísica (Rwperfil), calculada a partir de perfis geofísicos, avaliando a confiabilidade dessa metodologia para inferência da qualidade das águas subterrâneas. **Métodos:** Foram analisados 21 poços tubulares localizados nos municípios de Banzaê, Cícero Dantas, Euclides da Cunha e Ribeira do Pombal, no semiárido baiano (Figura 1). **Figura 1.** Mapa de localização da área onde foram selecionados os poços. **Resultados:** A correlação entre a resistividade da água estimada por perfilagem geofísica (Rwperfil) e os sólidos totais dissolvidos obtidos em laboratório (STDlab) apresentou coeficiente de determinação $R^2 = 0,7692$, indicando confiabilidade próxima de 80% na estimativa indireta da qualidade da água subterrânea (Figura 2). Observou-se que águas com menores concentrações de sólidos dissolvidos apresentam maiores valores de resistividade, confirmando o comportamento esperado para aquíferos granulares da área estudada. **Figura 2 – Correlação entre Rwperfil e STDlab ($R^2 = 0,7692$)** (Modelo proposto por Nery, 1996) Os valores de STDlab variaram de 95 a 234 ppm, caracterizando águas predominantemente doces e compatíveis com o abastecimento humano. Os valores de Rwperfil variaram de 19,8 a 54 ohm.m. Os resultados validaram, em condições reais de exploração no semiárido baiano, a metodologia proposta por Nery (1996), demonstrando sua aplicabilidade prática na interpretação hidrogeofísica de aquíferos sedimentares. **Conclusão:** A metodologia demonstrou ser eficiente para estimar a qualidade da água subterrânea por meio da perfilagem geofísica, constituindo ferramenta confiável para seleção de intervalos produtores e tomada de decisão durante a construção de poços tubulares. Os resultados confirmam que a resistividade da água de formação pode ser utilizada como indicador indireto do teor de sólidos totais dissolvidos, contribuindo para a identificação de aquíferos com melhor qualidade hidroquímica e para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos subterrâneos. **Palavras-chave:** Perfilagem geofísica; Qualidade da água subterrânea; Resistividade da água; Sólidos totais dissolvidos;

MONITORAMENTO CONTINUO E TRANSMISSAO DE DADOS VIA SATELITE PARA INSTRUMENTAÇÃO GEOTECNICA E HIDROLOGICA EM AREAS REMOTAS DE MINERAÇÃO

CORREA , Edson Leandro¹; SANTOS, Ailton Martins¹; SERRI, Maria Isabel Pereira Teodoro¹; FERNANDES, Leonardo¹; FONSECA, Leandro Roque²; MONTICELLI, João Paulo²; GONTIJO, Alexandre Assunção²;

(1) VALE S.A - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) MecRoc Engenharia - Belo Horizonte - MG - Brasil;

João

Paulo

Monticelli

(joao.paulo@mecroc.com.br)

Introdução: As operações de mineração dependem de monitoramento hidrogeotécnico contínuo e confiável, particularmente em regiões tropicais, onde chuvas intensas e acentuada variabilidade sazonal influenciam o comportamento de taludes, o desempenho dos sistemas de drenagem e a gestão hídrica. Nesse contexto, o monitoramento automatizado de instrumentos geotécnicos desempenha papel fundamental no suporte à segurança operacional, na avaliação do balanço hídrico e no apoio a tomada de decisão relacionada à estabilidade geotécnica e à gestão ambiental e operacional em áreas de mineração. **Objetivos:** Apresentar um sistema de monitoramento baseado em Internet das Coisas (IoT), com transmissão automatizada de dados via satélite, implementado em ativos remotos e estratégicos operados pela Vale S.A., para acompanhamento contínuo de variáveis hidrológicas e hidrogeotécnicas em áreas remotas de mineração, bem como discutir seus benefícios operacionais, de segurança e de eficiência. **Método:** O sistema avaliado baseia-se em sensores autônomos de campo integrados a uma arquitetura de comunicação capaz de realizar aquisição rotineira e transmissão remota dos dados via satélite, mesmo em áreas com infraestrutura convencional limitada. A solução contempla pluviômetros, dispositivos de monitoramento de vazão e integração com outros instrumentos habilitados para IoT, como tiltímetros e sensores correlatos, permitindo a ampliação de estratégias integradas de monitoramento hidrogeotécnico. **Resultados:** A arquitetura proposta mostrou-se adequada para ampliar a continuidade e a confiabilidade dos dados, reduzir a exposição das equipes a perigos operacionais durante atividades de campo e fortalecer sistemas de alerta e suporte operacional. Além disso, a adoção da solução automatizada indicou potencial de economia nos custos de manutenção ao longo de cinco anos, principalmente em função da redução de mobilizações em campo, da diminuição de intervenções corretivas e do aumento da eficiência operacional. O monitoramento contínuo também favoreceu a obtenção de séries temporais mais consistentes para interpretação hidrológica e hidrogeológico-geotécnica. **Conclusão:** Sistemas IoT conectados via satélite constituem solução prática e escalável para o monitoramento contínuo de variáveis hidrológicas e hidrogeotécnicas em áreas remotas de mineração. Sua aplicação contribui para operações mais seguras, estratégias de manutenção otimizadas e melhor gestão da infraestrutura sob condições ambientais desafiadoras.

comunicação via satélite; Internet das coisas; monitoramento; precipitação; vazão;

AVALIAÇÃO HIDROGEOLOGICA DOS SISTEMAS AQUIFEROS DA REGIAO DA PLANICIE COSTEIRA INTERNA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

VARGAS DA SILVA , Cassiane¹; REGINATO , Pedro Antônio Roehe²; SCHWANCK , Franciele³; VARGAS , Tiago²;

(1) universidade federal do rio grande do sul - Porto Alegre - RS - Brasil; (2) universidade federal do rio grande do sul - Porto Alegre - RS - Brasil; (3) Universidade federal do rio grande do sul - Porto alegre - RS - Brasil;

Pedro Antônio Roehe Reginato (pedro.reginato@ufrgs.br)

A região da planície costeira interna do estado do RS é caracterizada pela ocorrência de dois sistemas aquíferos: o Costeiro (SAC) e o Embasamento Cristalino (SAEC). O SAC é um sistema multicamadas, sendo que na região de abrangência desse sistema há ocorrência de poços que interceptam camadas de sedimentos de granulometria grossa, entretanto há poucos estudos voltados à caracterização desses aquíferos e avaliação da produtividade dos poços. Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizados dados geológicos e construtivos dos poços (seções filtrantes e sedimentos) e hidrogeológicos (profundidade, nível estático, vazão e capacidade específica), obtidos junto ao SIAGAS (SGB), CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento) e empresas de perfuração. Os poços foram agrupados em cinco grupos: poços que captavam água do SAEC (Grupo 1), poços com captação tanto no SAEC como no SAC (Grupo 2), poços que captavam água do SAC (Grupo 3), poços que captavam água do SAC de camadas aquíferas associadas a areias finas, muito finas e médias (Grupo 4), poços que captavam água de aquíferos localizados em camadas de sedimentos de granulometria grossa (Grupo 5). Para cada grupo foi feita a avaliação estatística (valores máximos, mínimos, média, mediana e desvio padrão) dos parâmetros profundidade dos poços (PF), nível estático (NE), vazão (Q) e capacidade específica (q). Os valores médios encontrados para o Grupo 1 foram, 93,48 m para PF; 12,02 m para NE; 5,902 m³/h para Q e 0,405 m³/h/m para q. O grupo 2 apresentou valores médios de 99,77 m para PF; 9,68 m para NE; 8,42 m³/h para Q e 0,641 m³/h/m para q. Para o grupo 3 os valores médios foram de 52,26 m para PF; 8,28 m para NE; 19,445 m³/h para Q e 2,022 m³/h/m para q. Já o grupo 4 apresentou valores médios de 57,19 m para PF; 8,7 m para NE; 18,84 m³/h para Q e 1,840 m³/h/m para q. Por fim o grupo 5 apresentou valores médios de 49,45 m para PF; 8,09 m para NE; 25,265 m³/h para Q e 3,245 m³/h/m para q. Os resultados demonstram que o SAEC (Grupo 1) é o sistema que apresenta os menores valores de vazão e capacidade específica indicando baixa produtividade dos poços. No entanto, quando os poços captam água de camadas de sedimentos que ocorrem acima das rochas graníticas e das fraturas que estão associadas a essas rochas, há um aumento na produtividade dos poços. Os resultados dos Grupos 3, 4 e 5, que representam os aquíferos associadas a camadas de sedimentos de diferentes granulometrias, demonstrando que os poços que possuem seções filtrantes em camadas de sedimentos de maior granulometria (areia grossa, grânulos, seixos e cascalhos) apresentam os maiores valores de vazão e capacidade específica, refletindo na maior produtividade dos poços. Em função disso a perfuração de poços na região deve ser realizada em áreas de ocorrência dessas camadas de sedimentos mais grossos, visando com isso obter poços com maior capacidade de produção.

planície costeira; produtividade de poços; sedimentos grosseiros;

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO CHIRPS NA ESTIMATIVA DA PRECIPITAÇÃO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIACHO DOS PORCOS, SUL DO CEARÁ**

*CUNHA, RAIMUNDO GLAUBER LIMA¹;
(1) SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL SGB/CPRM - Fortaleza - CE - Brasil;*

RAIMUNDO GLAUBER LIMA CUNHA (glauber.cunha@sgb.gov.br)

Introdução: A escassez e a distribuição irregular de estações pluviométricas em regiões semiáridas limitam a representação espacial da precipitação e podem comprometer estudos hidrológicos. Nesse contexto, as Estimativas de Precipitação por Satélite (SPE) constituem importante alternativa para o monitoramento hidroclimático. Entre os produtos disponíveis, o Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS) destaca-se pela integração de dados de sensoriamento remoto com observações de superfície, fornecendo séries históricas de alta resolução espacial e temporal. **Objetivos:** Avaliar o desempenho do CHIRPS na estimativa da precipitação mensal e anual da bacia hidrográfica do Riacho dos Porcos, localizada no sul do Ceará, entre 1995 e 2024, verificando sua aplicabilidade em estudos hidrológicos e de gestão dos recursos hídricos. **Método:** Foram utilizados registros de 32 estações pluviométricas distribuídas na bacia, previamente submetidos a procedimentos de consistência e preenchimento de falhas. As estimativas do CHIRPS foram comparadas aos dados observados por meio dos indicadores coeficiente de determinação (R^2), erro médio absoluto (MAE), raiz do erro quadrático médio (RMSE), viés percentual (PBIAS) e coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE). As análises foram conduzidas nas escalas temporal mensal e anual. **Resultados:** Na escala mensal, o CHIRPS apresentou desempenho excelente, com $R^2 = 0,96$ e $NSE = 0,95$, reproduzindo adequadamente a variabilidade temporal da precipitação observada. O PBIAS de 3,4% evidenciou leve tendência de subestimação, enquanto os valores de MAE (11,2 mm) e RMSE (20,1 mm) indicaram reduzidas discrepâncias entre os dados estimados e observados. Na escala anual, o produto manteve desempenho satisfatório, com $R^2 = 0,73$, $NSE = 0,69$ e $RMSE = 109,32$ mm/ano, demonstrando capacidade de representar a variabilidade interanual das chuvas. As maiores diferenças ocorreram em anos hidrológicamente extremos, sobretudo para precipitações superiores a 1.200 mm, condição em que o produto tende a suavizar picos pluviométricos. Mesmo sob influência dos efeitos orográficos da Chapada do Araripe, observou-se elevada aderência entre as séries observadas e estimadas. **Conclusão:** O CHIRPS mostrou-se uma fonte confiável de dados pluviométricos para a bacia do Riacho dos Porcos, apresentando excelente desempenho mensal e bom desempenho anual. Os resultados confirmam seu potencial para aplicações em modelagem hidrológica, monitoramento ambiental, estudos climáticos e suporte à gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas com baixa densidade de monitoramento.

hidrologia; Palavras-chave: CHIRPS; precipitação; semiárido; sensoriamento remoto;

A EVOLUÇÃO REGRESSIVA DA HIDROQUÍMICA DO AQUIFERO CABO NO MUNICÍPIO DO JABOATÃO DOS GUARARAPES - PE E SEUS IMPACTOS NA SAÚDE PÚBLICA

*BORBA, ALEXANDRE LUIZ SOUZA¹; COSTA, Margarida Regueira²; REGUEIRA, Helena³; MORAES, Alex Souza⁴; ROCHA, Manuella de Albuquerque Gomes Magalhães⁵;
(1) SGB - Recife - PE - Brasil; (2) sgb - Recife - PE - Brasil; (3) FPS - Recife - PE - Brasil; (4) UFRPE - Recife - PE - Brasil; (5) Universidade Católica de Pernambuco - Recife - PE - Brasil;*

ALEXANDRE LUIZ SOUZA BORBA (alexandre.borba@sgb.gov.br)

Introdução: O trabalho aborda a crescente degradação da qualidade da água subterrânea em Jaboatão dos Guararapes, na Região Metropolitana do Recife (RMR). A área apresenta extrema relevância ambiental e social, com a Lagoa Olho D'Água atuando como um elemento central na dinâmica hídrica local. Apesar da disponibilidade dos aquíferos Recentes e Cabo, a exploração desordenada e o crescimento urbano sem infraestrutura adequada de saneamento básico têm levado à contaminação progressiva desses recursos. O estudo visa compreender os mecanismos de poluição e o impacto das atividades humanas, fornecendo base técnica para a gestão e proteção ambiental subterrânea. **Objetivos:** Avaliar a degradação da qualidade da água e a evolução regressiva hidroquímica nos aquíferos Recentes e Cabo em Jaboatão dos Guararapes (PE), mapeando o aumento de parâmetros físico-químicos restritivos e associando-os à pressão antrópica e aos riscos gerados à saúde pública local. **Método:** O diagnóstico fundamentou-se nos padrões de potabilidade da Portaria GM/MS nº 888/2021. Analisaram-se dados históricos e geoquímicos do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) focados no bairro de Candeias, englobando os anos de 2010, 2015 e 2020, comparados ao referencial de 2002. Integraram-se séries históricas de 1998 a 2012 e novos dados de 2013 a 2022. Aplicou-se estatística multivariada para identificar os padrões correlacionais entre os parâmetros físico-químicos (Ferro, Cloretos, Sódio, Nitrato, Nitrito, Amônia), os níveis d'água e os perfis litológicos construtivos dos poços tubulares rasos e profundos. **Resultados:** Os resultados demonstraram um aumento progressivo, alarmante e regressivo na qualidade da água do Aquífero Cabo ao longo dos anos. Constatou-se que os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e a dureza total avançam aceleradamente. O Cloreto ultrapassou a metade do Valor Máximo Permitido (VMP), sendo induzido por falhas construtivas de poços tubulares, e o Sódio caminha para o mesmo patamar, indicando misturas com águas contaminadas do Aquífero Recentes sobrejacente e aporte da Lagoa Olho D'Água. O Ferro registrou forte degradação, com sua média histórica no período de 2018 a 2022 ultrapassando o VMP acima do dobro. Indicadores de poluição sanitária como amônia, nitrato e nitrito persistem no meio aquático devido ao precário sistema de saneamento local e vazamentos de redes coletoras ligadas à Lagoa. A aplicação da estatística multivariada confirmou que falhas de isolamento e cimentação em poços tubulares rasos e profundos transformaram sistemas independentes em um único complexo aquífero (Recentes/Cabo) altamente vulnerável. O arcabouço estrutural arenoso atua como uma "esponja", facilitando fluxos descendentes de águas poluídas proporcionalmente ao aumento da exploração. **Conclusão:** Conclui-se que a ação humana é o principal fator por trás da contaminação do Aquífero Cabo em Jaboatão dos Guararapes. A exploração excessiva somada às severas falhas construtivas de poços tubulares (má cimentação) rompeu o isolamento hidráulico e permitiu a migração de águas superficiais poluídas da Lagoa Olho D'Água. Recomenda-se a adoção imediata de um manejo mais rigoroso e fiscalização técnica na construção e isolamento de poços, melhoria na infraestrutura de saneamento no entorno flúvio-lagunar e monitoramento hidroquímico contínuo para evitar o colapso do abastecimento em condomínios, indústrias e serviços de saúde.

Aquífero Cabo; Contaminação Hidroquímica; Saneamento Ambiental; Saúde pública;

MODELO HIDROGEOLÓGICO APLICADO NO ENTENDIMENTO E GESTÃO DAS ÁGUAS NO ALTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA, BAHIA, BRASIL

*RAMOS, Caroline Assunção¹; LEAL, Luiz Rogério Bastos¹; KLAMMLER, Harald¹; GUIGUER, Nilson²;
(1) Universidade Federal da Bahia - Salvador - BA - Brasil; (2) Water Services and Technologies -
Florianópolis - SC - Brasil;*

Caroline Assunção Ramos (carolassuncao@outlook.com)

Diante do aumento da agricultura irrigada em função de altas taxas de bombeamento das águas subterrâneas, é necessário compreender melhor as interações entre aquíferos e rios, visando subsidiar a gestão sustentável desses recursos. Este estudo apresenta uma avaliação integrada em área piloto do Sistema Aquífero Urucuia (SAU), localizado no oeste do estado da Bahia, Brasil. O estudo investiga as interações aquífero-rio e a dinâmica do fluxo vertical das águas subterrâneas que controlam as trocas em profundidade. Dados geológicos, hidrológicos, hidrogeoquímicos e isotópicos foram integrados para o desenvolvimento de um modelo hidrogeológico conceitual, posteriormente representado em um modelo numérico tridimensional de fluxo subterrâneo utilizando o software Visual MODFLOW, em uma área piloto de aproximadamente 59 × 43 km. Os resultados das simulações indicam que o bombeamento contínuo em poços profundos de produção ao longo de 100 anos pode induzir rebaixamentos piezométricos de até 45 m. Em regime estacionário e na ausência de bombeamento, a contribuição do aquífero para o escoamento de base dos rios foi estimada em 414.140,125 m³/dia, evidenciando a forte conectividade hidráulica entre os sistemas subterrâneo e superficial. O modelo demonstrou ainda que os impactos sobre as vazões dos rios são controlados principalmente pela localização dos poços, profundidade dos filtros e taxas de bombeamento. Em escala local, poços rasos situados próximos aos rios apresentaram maior potencial de redução do escoamento de base do que poços profundos. As simulações também ratificam o divisor hidrogeológico na área modelada, ressaltando a importância da adequada representação das condições de contorno e da dinâmica regional do fluxo subterrâneo. De forma geral, os resultados demonstram que a modelagem hidrogeológica integrada constitui uma ferramenta técnica robusta para subsidiar a outorga do uso da água subterrânea e promover a gestão sustentável dos recursos hídricos em regiões sob intensa exploração aquífera.

gestão de recursos hídricos; modelagem hidrogeológica; Sistema Aquífero Urucuia;

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A ANALISE ESPACIAL DE POÇOS TUBULARES E A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM LUÍS EDUARDO MAGALHÃES - BA

COSTA, Victor Sobrinho¹;
(1) Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia - Salvador - BA - Brasil;

Victor Sobrinho Costa (victorsobrinhoeng@gmail.com)

Introdução: O município de Luís Eduardo Magalhães, importante polo agropecuário do oeste baiano, apresenta acelerado crescimento urbano e expansão agrícola, promovendo significativas alterações no uso e cobertura da solo. Esse cenário amplia a demanda hídrica e intensifica a exploração das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Urucuia (SAU), principal manancial da região e um dos mais importantes mananciais de água subterrânea do Brasil, distribuindo-se por seis estados brasileiros (Bahia, Tocantins, Minas Gerais, Piauí, Maranhão e Goiás), com área de aproximadamente 120.000 km² e espessura de rochas sedimentares que pode atingir valores superiores a 600 m (GASPAR et al., 2012). É responsável por cerca de 90% da descarga de base dos rios da região oeste da Bahia (PIMENTEL et al., 2000). A elevada dependência desse recurso reforça a necessidade de monitoramento das captações e do desenvolvimento de ferramentas que subsidiem o planejamento e a gestão sustentável das águas subterrâneas. **Objetivos:** Analisar a distribuição espacial dos poços tubulares cadastrados em Luís Eduardo Magalhães, identificar áreas de concentração das captações subterrâneas, avaliar suas áreas de entorno e discutir suas implicações para a gestão do Sistema Aquífero Urucuia. **Método:** O estudo seguiu uma abordagem metodológica estruturada em três etapas essenciais: levantamento bibliográfico conceitual, aquisição de dados hidrogeológicos preexistentes e processamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Inicialmente, foram coletados dados georreferenciados de poços tubulares cadastrados no banco de dados do SIAGAS. Através do software QGIS, realizou-se a consistência dos dados espaciais e a aplicação do Estimador de Densidade de Kernel para identificar os núcleos de concentração de captações. Paralelamente, foram gerados buffers de 2 km ao redor dos poços, visando representar suas áreas potenciais de influência espacial. A adoção desse critério foi fundamentada nas características hidrogeológicas do Sistema Aquífero Urucuia, que apresenta elevadas transmissividades e elevada capacidade de armazenamento em setores específicos da bacia (BARBOSA et al., 2017). Os resultados foram analisados em conjunto com informações sobre uso e cobertura do solo e expansão urbana do município. **Resultados:** Os poços tubulares apresentam distribuição heterogênea, concentrando-se predominantemente na área urbana do município. O mapa de calor revelou um núcleo de elevada densidade de captações na malha urbana, refletindo a crescente demanda hídrica associada ao crescimento populacional e às transformações no uso do solo. As áreas abrangidas pelos buffers de 2 km totalizaram aproximadamente 1.151,47 km², correspondendo a 28,55% da área municipal (4.033,04 km²). A expressiva sobreposição dessas poligonais de entorno sugere potencial interferência hidrodinâmica entre as captações e consequente aumento da pressão sobre o Sistema Aquífero Urucuia. **Conclusão:** As técnicas de geoprocessamento se mostraram eficientes para identificar padrões espaciais de exploração das águas subterrâneas e subsidiar ações de monitoramento e gestão. A concentração de poços na área urbana, associada às mudanças no uso e cobertura do solo, reforça a necessidade de um planejamento integrado entre a gestão territorial e a gestão de recursos hídricos. Como perspectiva futura, recomenda-se a identificação de áreas com rebaixamentos críticos de nível estático por interferência hidrodinâmica. águas subterrâneas; Geoprocessamento; gestão de recursos hídricos; hidrogeologia; Sistema Aquífero Urucuia;

GEODIVERSIDADE E SAUDE PUBLICA: ANALISE DA POTABILIDADE, RISCOS HIDRICOS E IMPACTOS EPIDEMIOLOGICOS NO POLO AGRICOLA DE LINHARES, JAGUARE E SOORETAMA - ES

COSTA, Margarida Regueira¹; BORBA, Alexandre Luiz Souza¹; REGUEIRA, Helena²; PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos¹; MORAES, Alex Souza³; ALCOFORADO, Roberta de Melo Guedes⁴; ROCHA, Manuella de Albuquerque Gomes Magalhães⁵;
(1) SGB - Recife - PE - Brasil; (2) FPS - Recife - PE - Brasil; (3) UFRPE - Recife - PE - Brasil; (4) UPE - Recife - PE - Brasil; (5) UNICAP - Recife - PE - Brasil;

Margarida Regueira Costa (margarida.regueira@sbg.gov.br)

Introdução: O Polo Agrícola de Linhares, Jaguaré e Sooretama, no Espírito Santo, destaca-se por sua expressiva atividade agropecuária - com forte produção de café Conilon, mamão, banana e coco - e pela extração de petróleo onshore. Apesar dessa relevância econômica, o próprio território abriga uma população rural difusa que necessita de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água e de esgotamento sanitário, o que acarreta uma elevada vulnerabilidade hídrica. O suprimento hídrico é realizado de forma descentralizada por captações superficiais e subterrâneas. Enquanto o Aquífero Rio Doce apresenta espessuras superiores a 1.000 metros e proteção por camadas lamosas que mitigam riscos superficiais, o Aquífero Barreiras (com níveis estáticos de 2 a 15 metros) destaca-se como a principal fonte rural, possuindo alta vulnerabilidade natural à contaminação. **Objetivos:** O presente estudo objetivou avaliar a potabilidade e os riscos hídricos nas águas de consumo deste polo, mapeando desconformidades analíticas frente à legislação e associando-as a indicadores locais de saúde pública. **Método:** O diagnóstico fundamentou-se nos Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Foram analisadas coletas de água em poços profundos, cacimbas e mananciais superficiais, englobando parâmetros medidos in situ (temperatura, pH e condutividade elétrica) e ensaios laboratoriais para ânions, metais e resíduos de herbicidas. Dados de morbidade epidemiológica foram obtidos via DATASUS e Painel Saneamento Brasil (2024). **Resultados:** As medições in situ apontaram uma predominância de águas ácidas, fator que otimiza a solubilização de metais e eleva seu potencial tóxico. Constataram-se severas violações aos limites regulamentares de potabilidade: o Alumínio atingiu 4,758 mg/L no Sítio Prezoti (Jaguaré); o Ferro registrou 27,015 mg/L em Bebedouro (Linhares); e o Manganês superou o VMP na porção sul de Linhares. Adicionalmente, teores anômalos de Berílio foram detectados no noroeste de Sooretama. Nitratos e nitritos foram identificados de forma generalizada nas zonas rurais, atuando como indicadores de poluição difusa decorrente de esgotamento doméstico ou adubação nitrogenada. De forma crítica, o herbicida 2,4-D ultrapassou o VMP em 7 pontos amostrais de poços particulares na região noroeste de Sooretama, um cenário que converge com a fragilidade estrutural da saúde pública: a parcela populacional sem acesso à água é de 15,8% em Linhares, 33,5% em Jaguaré e 31,0% em Sooretama, resultando em uma taxa regional de 40,7 internações por diarreia infantil por 100 mil habitantes, patologia classificada entre as Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI). Falhas construtivas em 51% dos poços do Aquífero Barreiras ameaçam a segurança hídrica regional. **Conclusão:** Recomendam-se ações emergenciais como a instalação de selos de proteção sanitária, cloração e monitoramento imediato do herbicida 2,4-D, além de medidas estruturantes de saneamento rural e manejo adequado de fertilizantes.

4-D; Geodiversidade; Herbicida 2; Saúde pública;

SISTEMA AQUIFERO PARECIS E GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA UPG A-11 ALTO TELES PIRES (MT): ANÁLISE E DINÂMICA DOS USOS, OUTORGAS E DEPENDÊNCIA HÍDRICA REGIONAL ASSOCIADA
A
IRRIGAÇÃO

*REDES, Letícia Alexandre¹; SAITO, Victoria Midori Silva¹; ARAÚJO, Juliana Freitas¹; RAIOL, Aline Noronha¹; SILVA, Ana Caroline Soares Christovão¹; RODRIGUES, Alexandre Carreira¹; TAVARES, Carla Coblinski¹; SILVA, Talita Menezes Gomes¹; COMELLI, Cleciani¹;
(1) SEMA - MT - Cuiabá - MT - Brasil;*

Letícia Alexandre Redes (leticiaredes@sema.mt.gov.br)

Introdução O Sistema Aquífero Parecis (SAP), composto pelos aquíferos Utariti e Salto das Nuvens, abrange cerca de 200.000 km² em Mato Grosso, com recarga controlada por latossolos e sedimentos inconsolidados. Na UPG A-11, importante polo agrícola do médio norte mato-grossense, a taxa de precipitação anual da região varia em torno de 1600 a 1900 mm por ano em períodos bem marcados. Nesse contexto, foram analisadas as outorgas de águas subterrâneas registradas no SIGA Hídrico entre 2022 e 2025, com foco na irrigação de áreas superiores a 30 ha. Objetivos Analisar a dinâmica do uso das águas subterrâneas na UPG A-11 entre 2022 e 2025, com foco nas outorgas para irrigação, na evolução da demanda hídrica, do volume anual outorgado e dos poços regularizados. Avaliar a participação da irrigação (>30 ha) e a distribuição das outorgas entre os municípios, destacando a dependência regional desses recursos. Método A partir dos dados do SIGA Hídrico, foram analisadas as outorgas subterrâneas da UPG A-11. Considerou-se 2022 como marco inicial da análise de irrigação >30 ha, com outorgas emitidas entre 2023 e 2025. Foram avaliadas outorgas, volumes anuais requeridos e finalidades de uso, com foco na irrigação. Resultados Para a finalidade de irrigação >30 ha, foram concedidas 53 outorgas, além de 13 outorgas destinadas à irrigação em áreas <30 ha entre 2022 e 2025, sendo concedidas nesse mesmo período um total de 2.565 outorgas para diferentes finalidades de uso. Dentre as finalidades analisadas, observa-se predominância da finalidade “Outros Usos”, que totalizou 1.722 outorgas. A seguir, destacam-se as finalidades de dessedentação animal, com 483 outorgas e uso industrial com 203. Demais finalidades, em menor proporção. Considerando a UPG A-11 foram concedidas 25 outorgas destinadas à finalidade de irrigação no mesmo período. Em relação ao volume anual de água subterrânea outorgado, observa-se crescimento expressivo entre 2023 e 2025. Em 2023, o volume anual outorgado equivaleu a 8.435.296,07 m³/ano, passando para 13.024.974,34 m³/ano em 2024 e 23.019.660,06 m³/ano em 2025. Neste período, o volume total dos três anos foi de 44.479.930,47 m³. Quanto à quantidade de poços associados às outorgas, foram registrados 12 poços no ano de 2023, 27 poços em 2024 e 49 poços em 2025, totalizando 88 poços. Nota-se um aumento significativo no volume anual de água entre 2023 e 2025, somando cerca de 44,5 milhões de m³. O município de Sorriso apresentou o maior volume acumulado, com 59,38% do total, seguido por Vera, com 34,83%. Já Nova Ubiratã e Ipiranga do Norte correspondem a 4,25% e 1,54%, respectivamente. Conclusão A UPG A-11 concentrou cerca de metade das outorgas para irrigação >30 ha, evidenciando a importância da atividade irrigante e da água subterrânea para a agricultura regional. Entre 2023 e 2025, o volume anual de água subterrânea outorgado quase triplicou e a quantidade de poços regularizados aumentou mais de quatro vezes, evidenciando a intensificação do uso hídrico na região. Sorriso e Vera responderam por cerca de 94% do volume outorgado, concentrando a exploração em áreas de intensa atividade agrícola. Dessa forma, os resultados reforçam a importância do acompanhamento contínuo das condições de exploração dos aquíferos e da ampliação das ações de monitoramento, gestão e controle por parte do órgão gestor, considerando que o aumento acelerado das captações subterrâneas pode representar maior pressão sobre os recursos hídricos subterrâneos da região.

irrigação; outorga de águas subterrâneas; Sistema Aquífero Parecis; UPG A-11 Alto Teles Pires;

MEMORIA HIDROLOGICA, SUSTENTACAO DE FLUXO DE BASE E RESISTENCIA A ESTIAGEM NA PORCAO ALTA DO RIO BATALHA (SP)

SANTOS, Carolina Fernanda¹; HIRATA, Ricardo¹; OLIVOS, Lina Maria Osorio¹; MELLO-JUNIOR, Arisvaldo Vieira¹; SUHOGUSOFF, Alexandra Vieira¹;
(1) USP - São Paulo - SP - Brasil;

Carolina Fernanda Santos (carolina.fernanda.santos@alumni.usp.br)

Em bacias hidrográficas sujeitas à sazonalidade climática e à crescente pressão sobre os recursos hídricos, a interação entre águas superficiais e subterrâneas desempenha um papel decisivo na manutenção da perenidade dos rios durante períodos secos. Em sistemas tropicais, entretanto, essa contribuição ainda é de difícil quantificação, devido à limitada disponibilidade de estudos que caracterizem, de forma integrada, os processos de conexão e troca entre rios e aquíferos. Este trabalho propõe avaliar a contribuição do escoamento de base, a memória hidrológica e a coerência regional da resposta hidrológica na Bacia Alta do rio Batalha (Bauru/SP), referente ao Sistema Aquífero Bauru e o rio Batalha, buscando compreender o papel do aquífero na sustentação hídrica da bacia durante períodos de estiagem. Foram utilizados dados meteorológicos de precipitação provenientes do INMET, bem como informações sobre características do solo e uso e ocupação da terra da bacia do rio Batalha. Esses dados foram empregados como entrada no modelo hidrológico RUBEM, previamente calibrado e validado para a bacia (Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe = 0,69; Raiz do Erro Quadrático Médio = 0,462). As simulações foram realizadas com passo mensal para o período de agosto de 2000 a dezembro de 2024, gerando séries de evapotranspiração real, recarga do aquífero, escoamento de base e vazão total do rio. Com essas séries, foram realizadas análises da climatologia mensal das variáveis hidrológicas, da contribuição relativa do escoamento de base para a vazão total, de correlações temporais com defasagens entre recarga, escoamento de base e vazão, além da comparação dos resultados simulados com dados observados locais e da estação fluviométrica de Reginópolis (6C-001). Os resultados indicam elevada dependência da vazão fluvial em relação à contribuição subterrânea, com o escoamento de base representando mais de 80% da vazão total em diversos meses de estiagem. A correlação entre recarga e escoamento de base revelou resposta rápida do aquífero, com defasagem aproximada de um mês, enquanto a relação entre escoamento de base e vazão observada indicou persistência da contribuição subterrânea por cerca de 4 a 5 meses, evidenciando memória hidrológica associada ao armazenamento subterrâneo. Além disso, a série de vazão simulada apresentou forte correção com a estação fluviométrica de Reginópolis ($r = 0,73$), situada 70 km a jusante do exutório da área de estudo, reforçando a representatividade regional dos resultados. O Sistema Aquífero Bauru atua como componente regulador essencial da disponibilidade hídrica na Bacia Alta do rio Batalha ao amortecer a variabilidade sazonal de vazões fluviais do rio Batalha e as sustentar durante estiagens. A abordagem adotada evidencia o potencial de modelos hidrológicos previamente validados para investigar processos de interação rio-aquífero e subsidiar estratégias adaptativas voltadas à segurança hídrica regional e ao enfrentamento de eventos climáticos extremos. Embora o escoamento de base seja representado de forma simplificada pelas equações conceituais do RUBEM, os resultados mostraram coerência hidrológica satisfatória frente aos dados observados. Estudos futuros poderão complementar essa análise por meio de modelos numéricos de fluxo subterrâneo, como o MODFLOW, permitindo uma representação mais detalhada das interações rio-aquífero. Agradecimento ao Projeto SACRE e FAPESP (2020/15434-0 e 2024/04168-8).

águas subterrâneas; escoamento de base; modelagem hidrológica; resiliência hídrica;

CONTRIBUIÇÕES DOS ESTUDOS INTEGRADOS DE AGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRANEAS DESENVOLVIDOS PELO SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL A GESTAO DOS RECURSOS HIDRICOS

CUNHA, Viviane Cristina Vieira¹; MOURÃO, Maria Antonieta A²; DINIZ, João Alberto Oliveira³; PAULA, Thiago Luiz Feijo³; PINTO, Éber José de Andrade²; CÂNDIDO, Márcio de Oliveira²; SILVA, Priscila Sousa¹; MIRANDA, Janaína Simone Neves²; KIRCHHEIM, Roberto⁴;
(1) Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM - Rio de Janeiro - RJ - Brasil; (2) Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM - Belo Horizonte - MG - Brasil; (3) Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM - Recife - PE - Brasil; (4) Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM - São Paulo - SP - Brasil;

Viviane Cristina Vieira Cunha (viviane.cunha@sgb.gov.br)

Introdução: A gestão integrada dos recursos hídricos visa assegurar a conservação dos corpos d'água para múltiplos usos, prevenir conflitos e promover a segurança hídrica. Contudo, águas superficiais e subterrâneas ainda são geridas de forma dissociada, ignorando sua conexão natural no ciclo hidrológico. Diante das pressões climáticas e do aumento da demanda, a avaliação conjunta desses sistemas é fundamental para subsidiar a tomada de decisão. **Objetivos:** Apresentar a abordagem multidisciplinar adotada pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) em projetos voltados à avaliação integrada da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, evidenciando suas contribuições para a gestão dos recursos hídricos e sintetizando os principais resultados obtidos em diferentes regiões do país. **Método:** Os estudos têm sido executados em parceria com órgãos públicos federais e estaduais como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e/ou os órgãos gestores estaduais, mobilizando equipes compostas por profissionais com diferentes especialidades em projetos plurianuais. O escopo metodológico envolve: caracterização do meio físico; cadastro de usuários e infraestrutura hídrica; monitoramento, análise e interpretação de dados hidrológicos e hidrogeológicos; avaliações hidroquímicas; estimativas de balanço hídrico integrado; e avaliação das reservas, potencialidades, disponibilidades e demandas hídricas. As informações produzidas são organizadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), constituindo uma base de apoio à gestão dos recursos hídricos. **Resultados:** Os estudos já foram realizados no norte de Minas Gerais (Projeto Águas do Norte de Minas – PANM), na Ilha de São Luís (MA), em Manaus (AM) e nas sub-bacias dos rios Verde Grande e Carinhanha (MG e BA). Os resultados incluem a consolidação de bases de dados georreferenciadas, a caracterização integrada dos sistemas hídricos superficiais e subterrâneos, a avaliação da disponibilidade hídrica e a identificação de demandas e conflitos potenciais de uso da água. Adicionalmente, os estudos subsidiaram a implantação, expansão ou adequação de redes de monitoramento, ampliando a disponibilidade de dados para estudos futuros e favorecendo o acompanhamento contínuo das condições hidrológicas e hidrogeológicas das áreas avaliadas. **Conclusão:** Os estudos indicaram que as interações das águas subterrâneas e superficiais não podem ser negligenciadas na concessão dos direitos de uso. Além disso, em tempos de presença de tendências nas séries históricas, a intensificação do monitoramento é fundamental para uma boa gestão. Os produtos gerados subsidiam processos de planejamento, regulação e outorga do uso da água, apoiam a elaboração de instrumentos normativos e contribuem para o fortalecimento da segurança hídrica e da gestão sustentável das águas superficiais e subterrâneas.

disponibilidade hídrica; gestão integrada de recursos hídricos; segurança hídrica;

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AQUIFERA CONSIDERANDO O GRAU DE CONFINAMENTO EM AQUIFERO PELITO-CARBONÁTICO NO NORTE DE MINAS GERAIS

*GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; MONTEIRO, Letícia Pereira dos Santos¹; ESPÍNDOLA, Luiza Monteiro¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; MACÊDO, Vitória Gomes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;
(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Ana Maria Nascimento Gonçalves (anamarianascgs@gmail.com)

Introdução: A avaliação da vulnerabilidade aquífera é uma ferramenta essencial para identificar áreas de maior susceptibilidade a contaminação subterrânea. Em locais onde o abastecimento de água advém do bombeamento de poços de aquíferos cársticos, essa avaliação é ainda mais relevante, visto que o transporte de contaminantes é facilitado pelo fluxo em fraturas e condutos, prejudicando esforços de remediação. A área de estudos abrange o município de São Francisco, norte de Minas Gerais, limitada pelas bacias hidrográficas do riacho Boi Morto e vereda do Tabuleirinho, com cerca de 170 km². A estratigrafia da região compreende intercalações de pelitos e calcários depositados horizontalmente que classificam as unidades hidrogeológicas. Da base para o topo tem-se o aquífero cárstico-fissural inferior com alternâncias de calcilutito e calcarenito; o aquífero de metapelito com lentes carbonáticas; o aquífero cárstico-fissural superior carbonático com lentes de metapelitos; e os aquíferos de cobertura em menor espessura de sedimentos Cenozóicos. A porção rural da área é em boa parte abastecida por água advinda da captação de poços tubulares. **Objetivos:** O objetivo deste trabalho foi classificar a vulnerabilidade aquífera da área de estudo, levando em consideração o grau de confinamento dos aquíferos, para determinar as zonas com maior risco de contaminação da água subterrânea. **Método:** Para isso, foi aplicado o método GEOGRIC para clima tropical que avalia a vulnerabilidade intrínseca em múltiplos aquíferos. O grau de confinamento (G) classifica a capacidade de confinamento do solo ou formação rochosa, categorizada em aquíferos de cobertura, livres, sob influência de confinamento e confinados que recebem avaliação de 10, 8, 4 e 1, respectivamente, sendo 10 o mais vulnerável e 1 o menos vulnerável. A área das bacias foi classificada com base no perfil e mapa geológico desenvolvido na área de estudos, identificando onde o aquífero de metapelitos atuava confinando os aquíferos carbonáticos, atribuindo a avaliação correspondente. Após essa etapa a confecção do mapa de vulnerabilidade foi feita com o software QGIS 3.40, destacando as zonas de maior e menor vulnerabilidade. **Resultados:** A zona de maior vulnerabilidade se encontra a jusante da bacia (29 km²), localizada no aquífero de coberturas, próximo ao Rio São Francisco, sendo, portanto, lhe atribuído uma avaliação de 10. A porção a montante da bacia (71 km²), também apresenta alta vulnerabilidade, no entanto por abranger o aquífero cárstico-fissural superior livre recebe uma avaliação de 8. A zona de menor vulnerabilidade está na porção central da bacia, também com porções próximas a região de cabeceira (70 km²), com o aquífero de metapelitos aflorando em superfície, com uma avaliação de 1. **Conclusão:** O método empregado teve boa aderência ao contexto geológico da região, destacando alta capacidade de confinamento e proteção ao aquífero carbonático inferior em 41% da área da bacia. Ainda assim, a maior parte da área (59%) é altamente vulnerável. O aquífero de coberturas, pela sua menor espessura, funciona como uma zona de recarga direta para o aquífero carbonático inferior, facilitando o transporte de contaminantes para este. Já o aquífero carbonático superior, por aflorar em superfície, apresenta um risco direto de contaminação. Dessa maneira, torna-se crucial a implantação de monitoramento hidroquímico nas regiões mais vulneráveis, visando preservar a integridade e qualidade dos aquíferos.

água subterrânea; Contaminação; GEOGRIC; Gestão Hídrica;

MAPEAMENTO DE VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS DOS MUNICÍPIOS DE VALINHOS E VINHEDO (SP) PELO MÉTODO GOD

*CASTRO, Jéssica Silva¹; ABREU, Ana Elisa Silva¹; RODRIGUEZ, Carla Tolosa¹;
(1) Universidade Estadual de Campinas - Campinas - SP - Brasil;*

Jéssica Silva Castro (castrosilva2.jessica4@gmail.com)

Um dos instrumentos para fortalecer a gestão dos recursos hídricos e promover a segurança hídrica são os mapas de vulnerabilidade de aquíferos. O método GOD é uma das ferramentas para criar esse tipo de mapa, onde são levados em consideração três parâmetros: G: grau de confinamento do aquífero; O: substrato de cobertura; D: distâncias até o nível d'água ou topo do aquífero. Cada atributo é avaliado de 0 a 1, e a vulnerabilidade é dada pela multiplicação das três propriedades (Foster, et al., 2002). A área de estudo abrange os municípios de Valinhos e Vinhedo, no interior do estado de São Paulo, que estão em um contexto de estresse hídrico (Benetello et al., 2021). Para o aquífero fraturado os dados de poços profundos do SIAGAS foram espacializados diretamente no ArcGIS Pro, e os parâmetros G, O e D foram atribuídos para cada poço. A fonte para a obtenção dos dados do aquífero freático foram os processos de áreas contaminadas da Cetesb, onde havia informações de poços de monitoramento. Em seguida, os dados foram classificados nos parâmetros GOD. Ao total foram obtidos dados de 292 poços profundos e 15 poços de monitoramento. Por conta da baixa disponibilidade de dados do freático foi construído um modelo conceitual para a área, baseado nos 15 poços estudados, levando em consideração vale, topo de morro e meia encosta, para atribuir os valores de O e D. A classificação do parâmetro G do aquífero freático foi "não confinado". As características de O do aquífero freático são solo residual nas meia-encostas e topos de morro e, nos vales, aluvião. As distâncias até o nível d'água (parâmetro D) são menores de cinco metros nos vales, entre 5 e 20 metros nas meia-encostas, e maior de 20 metros no topo de morro. No mapa final, os vales são as áreas mais vulneráveis do aquífero freático, devido ao nível d'água raso e à elevada condutividade hidráulica do aluvião. Nas meia-encostas a vulnerabilidade foi média, por conta do solo residual e nível d'água mais profundo. A menor vulnerabilidade está nos topos de morro por conta do substrato de cobertura e nível d'água mais profundo. Em relação ao aquífero fraturado, os dados foram interpolados por krigagem por conta da densidade e distribuição dos dados. No parâmetro G o aquífero foi classificado como "não confinado" (coberto). Os valores D em sua maioria estão entre 20 e 50 metros e tem algumas porções com valores maiores que 50 metros. Acerca do parâmetro O, a maior parte da área de estudo se apresenta como solo residual. Desse modo a vulnerabilidade do aquífero fraturado foi classificada como baixa na maior parte da área e insignificante nas demais regiões, consequência principalmente da distância até o topo do aquífero ser muito alta.

aquífero fraturado; aquífero poroso; segurança hídrica;

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA A RETENÇÃO E DESACELERAÇÃO HÍDRICA: UMA REVISÃO SOBRE A MANUTENÇÃO DE VAZÕES DE BASE EM AQUIFEROS

BRITO, LUCAS ADRIANO RODRIGUES¹; CONICELLI, Bruno Pirilo²;
(1) FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO - São Paulo - SP - Brasil; (2) USP - São Paulo - SP - Brasil;

LUCAS ADRIANO RODRIGUES BRITO (lucasarbrito@outlook.com)

Introdução: As transformações intensas no uso e cobertura da terra, impulsionadas pela expansão agrícola e pela urbanização, têm alterado componentes essenciais do balanço hídrico. A degradação do solo e a perda de cobertura vegetal reduzem a infiltração, aceleram o escoamento superficial e comprometem a recarga de aquíferos e a manutenção das vazões de base durante períodos de estiagem. Diante desse cenário, e frente às projeções de extremos climáticos, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) emergem como abordagens eco-hidrológicas relevantes. Baseadas no princípio de desacelerar e reter a água no gradiente topográfico, essas intervenções buscam restaurar funções do solo e da vegetação, contribuindo para o reequilíbrio do balanço hídrico e para a segurança hídrica subterrânea. **Objetivos:** Este trabalho apresenta uma revisão estruturada da literatura científica nacional e internacional com o objetivo de mapear intervenções de SbN voltadas à retenção e desaceleração do fluxo hídrico superficial, analisando seus impactos documentados na recarga incremental e na estabilização de vazões de base de cursos d'água conectados a reservatórios subterrâneos. **Método:** A metodologia consistiu em revisão bibliográfica estruturada nas bases Scopus, Web of Science e Google Scholar. Foram selecionados artigos revisados por pares publicados nas últimas duas décadas, utilizando combinações de palavras-chave como "Nature-based Solutions", "groundwater recharge", "baseflow" e "water retention". Os critérios de inclusão priorizaram estudos experimentais e de modelagem preditiva que quantificassem os impactos físicos de técnicas como restauração florestal, incluindo APPs e Reservas Legais, terraceamento, microbarramentos e sistemas agroflorestais na partição do balanço hídrico em bacias tropicais e subtropicais. **Resultados:** A literatura analisada indica que a restauração florestal atua segundo o paradoxo "esponja-bomba", no qual o aumento inicial da evapotranspiração pode ser compensado, a médio e longo prazo, pela recuperação da condutividade hidráulica saturada do solo e da infiltração profunda. Práticas de conservação do solo, como terraceamento e microbarramentos, reduzem o comprimento de rampa e a velocidade do escoamento superficial, ampliando o tempo de residência da água e convertendo parte do fluxo rápido em infiltração efetiva. Estudos integrados indicam que a combinação dessas SbN pode gerar incrementos relevantes na recarga subterrânea. A revisão também evidencia a importância do lag time, ou tempo de resposta, mostrando que os efeitos sobre a recuperação das vazões de base não são imediatos e podem variar de meses a décadas, conforme as propriedades hidrodinâmicas e a escala do aquífero. **Conclusão:** Conclui-se que as SbN voltadas à desaceleração hídrica constituem estratégia física robusta para mitigar os efeitos da degradação territorial e climática sobre as águas subterrâneas. A transição para uma gestão hídrica resiliente depende da quantificação física e espacialmente distribuída desses processos. Os parâmetros consolidados nesta revisão oferecem base teórica e empírica para calibrar e parametrizar futuras rotinas de modelagem hidrogeológica acoplada entre superfície e subsuperfície.

Recarga Incremental; Retenção Hídrica; Soluções Baseadas na Natureza; Vazão de Base;

A INTERFACE ENTRE O SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E A LEI DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: GOVERNANÇA, VALORAÇÃO E METRICAS DE DESEMPENHO HÍDRICO NO BRASIL

BRITO, LUCAS ADRIANO RODRIGUES¹; CONICELLI, BRUNO PIRILO²;
(1) FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO - SÃO PAULO - SP - Brasil; (2) UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - SÃO PAULO - Brasil;

LUCAS ADRIANO RODRIGUES BRITO (lucasarbrito@outlook.com)

Introdução: A Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, instituída pela Lei nº 14.119/2021, consolidou no Brasil um marco jurídico para reconhecer, valorar e remunerar ações que conservem, recuperem ou melhorem serviços ecossistêmicos. No campo dos recursos hídricos, essa política amplia a articulação entre gestão de bacias, conservação da vegetação nativa, restauração de áreas estratégicas e participação pública e privada. Embora o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), instituído pela Lei nº 9.433/1997, tenha estabelecido instrumentos como planos de bacia, outorga, cobrança pelo uso da água e comitês, ainda persistem limitações de financiamento e indução territorial. Nesse contexto, o PSA hídrico surge como mecanismo complementar, capaz de incentivar proprietários e produtores rurais a manter ou recuperar funções ambientais relevantes para a segurança hídrica. **Objetivos:** Este estudo analisa a interface entre a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais e os instrumentos de gestão de recursos hídricos, com foco em programas de PSA hídrico no Brasil. Busca-se avaliar como a Lei nº 14.119/2021 contribui para estruturar critérios de elegibilidade, adicionalidade, monitoramento, permanência e remuneração de serviços ambientais associados à conservação de mananciais, restauração de áreas degradadas e melhoria da disponibilidade hídrica. **Método:** Adotou-se abordagem analítico-documental associada à revisão estruturada da literatura científica e técnica nacional. Foram analisados marcos legais, documentos institucionais, relatórios de programas de PSA, estudos de caso e artigos indexados nas bases Google Scholar e SciELO. A análise priorizou experiências consolidadas de PSA hídrico, observando governança, financiamento, seleção de áreas, formas de pagamento e indicadores de comprovação de resultados. **Resultados:** A análise indica que a Lei nº 14.119/2021 fortalece o PSA como instrumento econômico complementar à gestão tradicional de recursos hídricos. Ao reconhecer provedores e pagadores de serviços ambientais, a política cria base jurídica para contratos, incentivos financeiros, cooperação público-privada e integração com fundos, comitês de bacia e programas de restauração. Experiências como o Programa Produtor de Água, o Conservador das Águas de Extrema (MG) e o Projeto Produtor de Água do Rio Camboriú (SC) demonstram que o PSA pode contribuir para conservação do solo, recomposição vegetal e redução de pressões sobre mananciais. Entretanto, os programas ainda dependem de avanços metodológicos para superar métricas baseadas apenas em área protegida ou restaurada e incorporar indicadores de desempenho físico, como redução de erosão, infiltração, manutenção de vazões de base e benefícios hidrológicos mensuráveis. **Conclusão:** Conclui-se que a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais oferece base jurídica relevante para ampliar programas de PSA hídrico no Brasil, especialmente quando articulada ao SINGREH, ao Código Florestal e aos comitês de bacia. Sua efetividade dependerá da capacidade de transformar obrigações e incentivos em contratos monitoráveis, com critérios claros de adicionalidade, permanência e desempenho ambiental. A expansão sustentável desses arranjos exige métodos capazes de quantificar os benefícios físicos gerados nas bacias, permitindo que o PSA deixe de remunerar apenas esforços de conservação e passe a reconhecer resultados efetivos para a segurança hídrica.

Governança Hídrica; Pagamento por Serviços Ambientais; SINGREH;

GEOMETRIA DO SISTEMA AQUIFERO BARREIRAS/RIO DOCE NO ESPIRITO SANTO, SUDESTE DO BRASIL

NEVES, Mirna Aparecida¹; PIZETTA, Felipe Souza¹; CALEGARI, Salomão Silva¹; OLIVEIRA, Fabricia Benda¹; CONICELLI, Bruno Pirilo²;

(1) Universidade Federal do Espírito Santo - UFES - Alegre - ES - Brasil; (2) Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;

Mirna Aparecida Neves (mirnaan@gmail.com)

Introdução: O Sistema Aquífero Sedimentar, presente em cerca de 35% do território capixaba, está contido nos sedimentos das formações Barreiras e Rio Doce, além de sedimentos quaternários, aluviais e costeiros. No restante do Estado e compondo o embasamento do primeiro, está o Sistema Aquífero Cristalino, cujas características de anisotropia e heterogeneidade dificultam a prospecção de água subterrânea. Desta forma, as unidades sedimentares adquirem relevância como mananciais e área de recarga para a rocha fraturada subjacente. Apesar do seu potencial, esses aquíferos carecem de estudos e têm sido explorados de forma rudimentar. **Objetivos:** O objetivo deste trabalho é analisar a geometria do Sistema Aquífero Barreiras/Rio Doce na porção centro-norte do Estado do Espírito Santo, descrevendo sua compartimentação geológico-estrutural. **Método:** Foram utilizados os bancos de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) e da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Foram selecionados poços que atravessam as unidades sedimentares e atingem o Embasamento Cristalino para a construção de perfis geológico-estruturais. Os modelos de elevação do terreno e do topo do Embasamento foram elaborados no software Surfer, a partir da integração de dados topográficos e de poços com informações sobre a profundidade do Embasamento. **Resultados:** O Sistema Aquífero Sedimentar ocorre de forma mais expressiva na região centro-norte do Espírito Santo, na área de afloramento da Formação Barreiras e depósitos quaternários. A Formação Rio Doce está geralmente coberta pela Formação Barreiras, sendo elas de difícil distinção. Nos poços do SIAGAS, a descrição litológica não separa as unidades Barreiras e Rio Doce, enquanto os poços da ANP descrevem apenas a unidade Rio Doce, posicionada acima das demais, que interessam à prospecção de petróleo. Há predominância de materiais arenosos em relação aos argilosos, o que pode indicar porosidade e permeabilidade relevantes para compor aquíferos regionais. Os perfis mostram o aprofundamento progressivo do topo do Embasamento rumo à região costeira. A espessura das formações Barreiras e Rio Doce é crescente desde o extremo oeste, no contato aflorante com o Embasamento, ou seja, na borda da porção emersa da Bacia do Espírito Santo, até a faixa litorânea, onde chega a cerca de 1.000 metros de profundidade. Importantes falhas regionais compartimentam a bacia em blocos tectônicos e atribuem diferentes espessuras ao Sistema Aquífero de Porosidade. A modelagem 3D gerou um bloco-diagrama que ilustra o contorno aproximado do topo do Embasamento Cristalino e fornece uma boa aproximação de sua geometria. Junto ao delta do Rio Doce, há mudança abrupta na profundidade do Embasamento, o que pode indicar compartimentação estrutural por uma falha regional ainda não mapeada. **Conclusão:** No Estado do Espírito Santo, o Sistema Aquífero Barreiras/Rio Doce é uma importante fonte de abastecimento e área de recarga do Sistema Aquífero Cristalino. O contato entre as unidades varia de zero, no extremo oeste – limite da bacia do Espírito Santo, até cerca de 1.000 metros de profundidade abaixo do Delta do Rio Doce. Há compartimentação das unidades em blocos altos e baixos, delimitados por falhas tectônicas. As camadas arenosas predominam, indicando potencial de fornecimento de água subterrânea, mas há intercalações com camadas de argila, cuja influência só poderá ser avaliada a partir de estudos em escala de maior detalhe.

Bacia do Espírito Santo; Compartimentação Tectônica; Sistema Aquífero Cenozoico;

IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS DE INTERACCIÓN AGUA-ROCA Y PERTURBACIONES ANTRÓPICAS MEDIANTE HIDROQUÍMICA Y MODELACIÓN GEOQUÍMICA EN EL ACUÍFERO DE VILLANUEVA, HONDURAS

BARAHONA, Laura Alejandra¹; PEÑA, Tania María¹;
(1) Maestría en Recursos Hídricos, Facultad de Ciencias – UNAH – Honduras;

Laura Alejandra Barahona (labarahonaa@unah.hn)

El acuífero de Villanueva constituye una de las principales fuentes de abastecimiento de agua subterránea del Valle de Sula, región que esta sometida a un acelerado crecimiento urbano, agrícolas e industrial, y es considerado el tercer polo de desarrollo del país. El objetivo del estudio es identificar los procesos hidrogeoquímicos que controlan la composición química del agua subterránea del acuífero de Villanueva, a través de análisis hidroquímicos y modelación geoquímica, diferenciando la influencia de la interacción agua-roca y de posibles alteraciones antrópicas. La metodología constituyó un censo hidrogeológico de 24 pozos en el municipio de Villanueva, y de estos se seleccionaron 14 pozos para análisis hidroquímicos, elegidos por representatividad espacial, condiciones de bombeo y parámetros fisicoquímicos tomados en el censo. En campo se obtuvieron pH, conductividad eléctrica, temperatura y salinidad. En el laboratorio del Centro Experimental y de Innovación del Recurso Hídrico de la UNAH se obtuvieron cationes y aniones mayoritarios mediante espectrometría de absorción atómica y cromatografía iónica respectivamente. La interpretación hidrogeoquímica se realizó utilizando el diagrama de Piper y Stiff (Piper,1944;Stiff,1951), complementando con modelación geoquímica utilizando PHREEQC determinando así la especiación química y los índices de saturación mineral (Parkhurst,2013). Los resultados de los diagramas hidrogeoquímicos evidenciaron un predominio de facies Ca-HCO₃ y Ca-Mg-HCO₃, indicando que la composición química del agua subterránea del acuífero está dominada principalmente por procesos de interacción agua-roca. La distribución de bicarbonato, calcio y magnesio sugiere una evolución hidrogeoquímica asociada a la interacción del agua de recarga con las betas carbonatadas del Grupo Yojoa presentes en la zonas altas de recarga. La modelación geoquímica mediante PHREEQC mostro sobresaturación generalizada respecto a la calcita (SI=0.44-1.30) y dolomita (SI=0.85-2.48), mientras que el yeso, anhidrita y halita permanecieron subsaturados. Estos resultados indican condiciones favorables para la precipitación de minerales carbonatados y confirman que la evolución química del sistema esta dominado por procesos de disolución y equilibrio agua-roca asociados a materiales carbonatados. Se identifico una heterogeneidad hidroquímica dentro del acuífero. El pozo PVLL-05 presentó los valores máximos de conductividad eléctrica (2357 μ S/cm), cloruro (336.75 mg/L), sodio (223.76 mg/L) y nitrato (60.53 mg/L), diferenciándose claramente del comportamiento regional. Este pozo se ubica en una zona periurbana con influencia simultanea de actividades urbanas, agrícolas e industriales, junto con antecedentes de saneamiento deficiente reportados por la comunidad local, esto sugiere una alteración antrópica localizada superpuesta al funcionamiento hidrogeoquímico natural del acuífero. En conclusión la composición química de las aguas subterráneas del acuífero de Villanueva está dominada principalmente por procesos de interacción agua-roca asociados a la disolución y equilibrio de minerales carbonatados. Asimismo, la identificación de una anomalía hidrogeoquímica, evidencia la existencia de alteraciones antrópicas localizadas superpuestas al funcionamiento natural del sistema. Esta integración hidroquímica clásica y modelación geoquímica permitió diferenciar procesos geogénicos y antropogénicos relevantes para la gestión y protección del acuífero.

acuíferos carbonatados; aguas subterráneas; hidrogeoquímica; interacción agua-roca;

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE FAVORABILIDADE HÍDRICA (IFH)

LIMA, CRISTIANE MACIEL¹; MAIA, CAIO¹;
(1) CERB, COMPANHIA DE ENGENHARIA HÍDRICA E DE SANEAMENTO DA BAHIA - SALVADOR - BA - Brasil;

CRISTIANE MACIEL LIMA (cristiane.lima@cerb.ba.gov.br)

Tendo como referência o Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas (IQNAS) de Negrão (2006), para o estudo do Índice de Favorabilidade Hídrica (IFH) em duas regiões do semiárido baiano, com o fim de dar suporte na gestão de projetos para abastecimento público, utilizando o banco de dados da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (Cerb). Foram estudadas algumas regiões do estado da Bahia, mas para este trabalho iremos utilizar duas regiões uma no sudoeste do estado, compreendendo 14 municípios, incluindo Vitória da Conquista mais 13 municípios adjacentes e a outra região formada por 17 municípios adjacentes a Feira de Santana, na região do Recôncavo Baiano. O IFH é uma adaptação do IQNAS, com foco operacional para aplicação na gestão em municípios, utilizando dados históricos de poços nestas regiões. Para obter o IFH é necessário a composição dos seguintes parâmetros: Produtividade (Vazão média histórica dos poços em m³/h); Qualidade Natural (Concentração médias dos sólidos totais dissolvidos - STD em mg/L); Domínio aquífero dominante e Tendência hidroquímica regional. O cálculo do IFH é feito através da média aritmética entre as Notas de Vazão (NV) e Notas de Qualidade (NQ). O IFH varia de < 1,5 a ≥ 3,5, onde valores maiores que 3,5 mostram uma Alta Favorabilidade Hídrica, valores entre 2,5 e 3,5 Favorabilidade Moderada, valores entre 1,5 a 2,5 Baixa Favorabilidade e finalmente abaixo de 1,5 Alta Restrição Hidrogeológica. É importante considerar que hidrogeologicamente os municípios inseridos predominantemente em domínios fissurais/cristalinos, apresentam maior heterogeneidade e tendência à salinização natural e municípios associados a contextos sedimentares, metassedimentares favoráveis ou zonas de transição estrutural, tendem a apresentar melhores condições de produtividade e qualidade. Nos resultados encontrados é possível notar a formação de um ranking de Favorabilidade Hídrica sendo que na Região de Vitória da Conquista 28% dos municípios apresentaram um IFH de 4,00, ou seja, Alta Favorabilidade Hídrica e 21% dos municípios um IFH de 1,50, que dá uma Alta Restrição Hidrogeológica. Para a região de Feira de Santana, dos 17 municípios analisados, 35% dos municípios apresentaram um IFH de 4,00, Alta Favorabilidade Hídrica e 5% dos municípios um IFH de 1,50, ou seja Alta Restrição Hidrogeológica. A análise do IFH tem se mostrado como uma excelente ferramenta para a gestão do abastecimento público, uma vez que permite ao gestor planejar formas de abastecimento condizentes com as características hidrogeológicas dos municípios, para melhor atender as comunidades rurais, como por exemplo em municípios que tenham uma Alta Restrição Hidrogeológica, se buscar outras formas de abastecimento, que não seja poço artesiano e assim gerando economia de tempo e recurso, sendo mais assertivo na busca de soluções e para os municípios que apresentam Alta Favorabilidade Hídrica permite que os poços perfurados neste contexto sejam melhor aproveitados inclusive para atender municípios e/ou localidades que apresentem uma Alta Restrição Hidrogeológica.

FAVORABILIDADE ÍNDICE; MUNICÍPIOS; POÇOS;

HIDROGEOQUIMICA DA AGUA SUBTERRANEA NA BACIA DO RIO CUBATAO (BAIA DA BABITONGA, SC): SUBSIDIOS A GESTAO HIDRICA

LEMOS, REGINALDO¹; BARROS, Virginia Grace¹; MONTEIRO, Leonardo Romero¹; TEIXEIRA, Vítor Hein¹; ROVERSI, Mairon¹;

(1) Universidade do Estado de Santa Catarina - Joinville - SC - Brasil;

REGINALDO

LEMOS

(regi.lemos@hotmail.com)

A gestão hídrica eficaz, capaz de viabilizar a proteção, o monitoramento e o uso sustentável dos recursos hídricos, requer a integração de instrumentos técnicos, infraestrutura, regulação e controle de demandas. Desse modo, o uso integrado de dados hidrogeológicos, hidrogeoquímicos, incluindo cátions, ânions e elementos traços, isotópicos incluindo $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$, e de modelagens, de fluxo e litológico, fornecem informações sobre a origem, o ciclo e as transformações que a água pode passar ao longo do tempo, fornece, portanto, suporte técnico ao gerenciamento integrado, em nível de bacia hidrográfica, além de subsidiar decisões relacionadas à governança hídrica. Este trabalho teve como objetivo geral integrar dados hidroquímicos clássicos e isotópicos da água subterrânea, bem como a interação com águas superficiais, como suporte à gestão integrada dos recursos hídricos no Complexo Hidrológico da Baía da Babitonga (CHBB), com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Cubatão (BHRC), localizados no litoral norte do Estado de Santa Catarina. A metodologia envolveu o monitoramento de dez pontos subterrâneos para caracterização química (concluída) e isotópica (em andamento). As análises seguiram métodos padronizados. Foram analisados cátions, ânions, brometo, sílica e elementos-traço. O total de sólidos dissolvidos (TDS) foi estimado por relação empírica com a condutividade elétrica. Essa base de dados foi complementada por 13 registros históricos (2001–2019). A caracterização hidrogeoquímica foi realizada por estatística descritiva, conversão das concentrações para miliequivalentes por litro (meq/L) e concentração molar (mmol/L), além das aplicações dos diagramas de Piper (1944), Gibbs, (1970) e Gaillardet et al., (1999), elaborados no software Grapher, para classificação das fácies hidroquímicas e processos hidrogeoquímicos dominantes. Como resultado identificaram-se três fácies hidroquímicas: bicarbonatada cálcica/magnésiana, bicarbonatada mista e sulfatada/cloretada cálcica; que confirmaram o controle da interação rocha-água e de chuva, além de evidenciarem o controle climático (estação seca e chuvosa) sobre a evolução hidrogeoquímica da água subterrânea. Esses dados foram corroborados pelos dados isotópicos locais compilados, que indicaram controle pluvial e heterogeneidades na infiltração da água. A análise conjunto dos dados demonstrou que a composição química da água subterrânea no CHBB/BHRC é controlada por três processos: interação água-rocha-depósito sedimentar, precipitação atmosférica e processos de evaporação-cristalização, confirmados pela assinatura isotópica local de recarga recente. A dispersão dos dados sugere que a assinatura geoquímica da água é semelhante entre a estação seca e chuvosa, com pouca resposta imediata às variações sazonais de recarga, mas que tendem a evoluir de uma estação para outra. Portanto, compreender essa variação temporal contribui no gerenciamento dos recursos hídricos, garantindo o uso sustentável do aquífero frente às mudanças sazonais.

Dinâmica hidrogeológica; Gerenciamento integrado de recursos hídricos; Hidrogeoquímica aplicada; Hidrologia isotópica; Qualidade de água;

REFINAMENTO DO MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA APA SUL RMBH POR INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DE SATELITE: CONTRIBUIÇÕES PARA AVALIAÇÕES DE VULNERABILIDADE DE AQUIFEROS

*RIBEIRO, Julia Gonçalves¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio²; GALVÃO, Paulo Henrique³;
(1) Universidade Federal de Minas Gerais - BELO HORIZONTE - MG - Brasil; (2) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil; (3) Universidade Federal de Minas Gerais - BELO HORIZONTE - MG - Brasil;*

Julia Gonçalves Ribeiro (juliagncribeiro@gmail.com)

Introdução: A avaliação da vulnerabilidade à contaminação de aquíferos depende da adequada representação dos fatores que influenciam a geração e o transporte de contaminantes até o meio subterrâneo. Entre esses fatores, o uso e ocupação do solo desempenha papel fundamental, uma vez que está diretamente relacionado ao potencial de geração de cargas contaminantes e às alterações promovidas na superfície terrestre. Na Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul RMBH), região de elevada relevância ambiental e hidrogeológica inserida no contexto do Quadrilátero Ferrífero, as atividades minerárias, industriais e a expansão urbana exercem forte influência sobre a dinâmica ambiental, tornando necessária a utilização de bases cartográficas atualizadas e compatíveis com a realidade local. **Objetivo:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar e refinar o mapeamento de uso e ocupação do solo da APA Sul RMBH por meio da interpretação de imagens de satélite de alta resolução, visando subsidiar futuras análises de vulnerabilidade de aquíferos. **Método:** Foi realizada a interpretação visual e a vetorização de feições observadas em imagens recentes, com posterior classificação das áreas em categorias de interesse para estudos hidrogeológicos e ambientais. Os resultados obtidos foram comparados com a base oficial disponibilizada pelo IDE-Sisema, buscando identificar divergências espaciais e diferenças de classificação que possam influenciar avaliações de vulnerabilidade. **Resultado:** A análise permitiu identificar setores classificados genericamente como áreas antrópicas ou vegetação alterada na base oficial, mas que, a partir da interpretação detalhada das imagens, apresentaram características compatíveis com usos industriais, minerários ou áreas urbanizadas. Também foram observadas diferenças na delimitação de áreas de mineração ativa, pilhas de estéril e superfícies expostas, resultando em uma representação mais detalhada das atividades potencialmente associadas à geração de contaminantes. **Conclusão:** De forma geral, o mapeamento refinado indicou uma maior extensão de áreas classificadas como industriais e minerárias quando comparado aos dados disponíveis na base oficial. Os resultados demonstram que a utilização de imagens de satélite de maior resolução e a interpretação direcionada aos objetivos hidrogeológicos podem contribuir significativamente para a melhoria da representação do uso e ocupação do solo. Dessa forma, o refinamento cartográfico realizado fornece uma base mais adequada para aplicações em estudos de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos, especialmente em regiões complexas como a APA Sul RMBH, onde pequenas diferenças na classificação do uso do solo podem influenciar a identificação de áreas prioritárias para monitoramento, gestão ambiental e proteção dos recursos hídricos subterrâneos.

hidrogeologia; Quadrilátero Ferrífero; Recarga;

**APLICAÇÃO DO METODO GEOGRIC COMO FERRAMENTA DE APOIO A GESTAO DAS AGUAS
SUBTERRANEAS NA APA SUL RMBH**

*RIBEIRO, Julia Goncalves¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹; GALVÃO, Paulo Henrique¹;
(1) Universidade Federal de Minas Gerais - BELO HORIZONTE - MG - Brasil;*

Julia Goncalves Ribeiro (juliagncribeiro@gmail.com)

A Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul RMBH) constitui uma das principais áreas de interesse ambiental de Minas Gerais, desempenhando papel fundamental na conservação da biodiversidade, na proteção dos mananciais e na manutenção dos recursos hídricos que abastecem a região metropolitana. Inserida no contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero, a APA Sul contemplando um sistema aquífero múltiplo. Apesar de sua relevância ambiental, a região está sujeita a pressões decorrentes da mineração, da expansão urbana e das alterações no uso e ocupação do solo, atividades que podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas, reforçando a necessidade de instrumentos que auxiliem na proteção dos recursos hídricos subterrâneos. Nesse contexto, a avaliação da vulnerabilidade intrínseca à contaminação constitui uma importante ferramenta de gestão ambiental, uma vez que permite estimar a suscetibilidade natural dos aquíferos, possibilitando identificar áreas mais sensíveis à contaminação, subsidiando ações de planejamento territorial, monitoramento ambiental e definição de estratégias para a conservação das águas subterrâneas. Entre os métodos desenvolvidos para essa finalidade, destaca-se o método GEOGRIC, elaborado para aplicação em regiões tropicais e em aquífero múltiplo, como é o caso da área de estudo. Dessa forma, a área constitui um ambiente adequado para a aplicação da metodologia e para a geração de informações voltadas à proteção dos recursos hídricos subterrâneos. Objetivos: Aplicar o método GEOGRIC para avaliar a vulnerabilidade intrínseca à contaminação dos aquíferos da APA Sul RMBH. Método: A metodologia consistirá na elaboração dos mapas temáticos correspondentes aos sete parâmetros que compõem o método GEOGRIC: geologia, epicarste, uso e ocupação do solo, grau de confinamento, recarga, isópacas e condutividade hidráulica. As bases de dados serão processadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), permitindo a padronização, classificação e integração das informações por meio de álgebra de mapas. A combinação dos parâmetros resultará na geração do índice de vulnerabilidade intrínseca e do mapa final de vulnerabilidade para a APA Sul RMBH, possibilitando a análise espacial das áreas mais suscetíveis à contaminação. Resultados: Espera-se obter um diagnóstico espacial da vulnerabilidade intrínseca à contaminação dos aquíferos da APA Sul RMBH, identificando áreas com diferentes graus de suscetibilidade. Os resultados deverão evidenciar setores prioritários para ações de proteção, monitoramento e gestão ambiental, além de fornecer subsídios técnicos para processos de licenciamento ambiental, ordenamento territorial e tomada de decisão relacionados à conservação dos recursos hídricos subterrâneos. Conclusão: A aplicação do método GEOGRIC na APA Sul RMBH tem potencial para ampliar o conhecimento sobre a vulnerabilidade dos sistemas aquíferos da região e fornecer informações relevantes para a gestão sustentável das águas subterrâneas. Os resultados esperados poderão contribuir para a definição de estratégias de conservação e monitoramento, fortalecendo a proteção dos recursos hídricos em uma área de elevada importância ambiental, hidrogeológica e socioeconômica para Minas Gerais. hidrogeologia; Proteção Ambiental; SIG;

ESTATÍSTICA MULTIVARIADA APLICADA A CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DE AQUÍFEROS PELITO-CARBONÁTICOS NO NORTE DE MINAS GERAIS

GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; MONTEIRO, Letícia Pereira dos Santos¹; ESPÍNDOLA, Luiza Monteiro¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; MACÊDO, Vitória Gomes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;
(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Ana Maria Nascimento Gonçalves (anamarianascgs@gmail.com)

Introdução: A área de estudos situa-se no município de São Francisco, norte de Minas Gerais, limitada pelas bacias hidrográficas do riacho Boi Morto e vereda do Tabuleirinho (170 km²). A hidrogeologia da área é composta, da base para o topo, pelo aquífero cárstico-fissural inferior da Formação Sete Lagoas, o aquífero metapelítico com intercalações calcárias da Formação Serra de Santa Helena, o aquífero cárstico-fissural superior com lentes de metapelitos da Formação Lagoa do Jacaré, e o aquífero de cobertura formado por depósitos sedimentares Cenozóicos. Estudos hidrogeoquímicos caracterizam diferentes unidades hidrogeológicas a partir da estatística multivariada, que consegue, justamente, agregar diferentes variáveis de observação em uma análise robusta do sistema aquífero. **Objetivos:** Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é realizar a caracterização hidrogeoquímica da área da bacia estudada utilizando a estatística multivariada, mais especificamente análise de agrupamentos hierárquicos (HCA) e a análise de componentes principais (PCA), com ênfase na determinação das assinaturas hidroquímicas e principais parâmetros que definem a dinâmica hidrogeoquímica da bacia. **Método:** Para tal foram coletadas 8 amostras de água subterrânea distribuídas na área que foram analisadas por cromatografia e espectrometria de massa para obter as concentrações dos elementos maiores (HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺). A estatística foi feita utilizando o software Minitab 22.4, onde foram plotados os diagramas para ambas as análises. Os resultados foram interpretados em conjunto com o mapa e perfil hidrogeológico da região. **Resultados:** A HCA individualizou as águas calcárias das águas não calcárias. O primeiro apresenta as maiores concentrações de HCO₃⁻, porém teores elevados de Cl⁻ (22 a 55 mg/l), SO₄²⁻ (24 a 72 mg/l) e altos valores de Na⁺ (277 mg/l), podendo indicar misturas de águas com os metapelitos da Formação Serra de Santa Helena (Na⁺, Cl⁻), e fontes de mineralização ou contaminação para o SO₄²⁻. O segundo grupo, das águas calcárias, apresenta HCO₃⁻ entre 218 e 374 mg/l e altas concentrações de Ca²⁺ (86 mg/l), ainda com concentrações significativas de Mg²⁺ em alguns pontos (13 mg/l), o que indica presença tanto de calcários mais puros quanto os mais impuros. A PCA retornou 84,5% de representatividade para as 2 primeiras componentes (CP). A CP1 está associada à química das águas, apresentando correlações inversas entre (Ca²⁺ e Mg²⁺) e (Na⁺, K⁺ e Cl⁻), associadas às águas calcárias (mais puras, Ca²⁺ da Formação Lagoa do Jacaré, e mais impuras, Mg²⁺ da Formação Sete Lagoas) e de mistura com os metapelitos (Na⁺, K⁺ e Cl⁻ da Formação Serra de Santa Helena). A CP2 apresenta forte correlação entre HCO₃⁻ e SO₄²⁻, o que também pode indicar uma zona mineralizada ou contaminação como fator determinante da hidroquímica das águas na região. **Conclusão:** A aplicação dos métodos se mostrou satisfatória, com os resultados sendo altamente correlacionáveis entre si. Ambos os métodos indicam a forte separação entre as unidades hidrogeológicas principais: Formação Sete Lagoas (com mais Mg²⁺) e Formação Lagoa do Jacaré (com mais Ca²⁺) demonstrando também uma influência dos metapelitos da Formação Serra de Santa Helena na química das águas (com Na⁺, K⁺ e Cl⁻ significativos), além de mostrarem que há também um fator geológico (zona mineralizada) ou antrópico (contaminação) significativo que influencia a química das águas subterrâneas na região.

Agrupamento Hierárquico; Assinatura Hidroquímica; Carste; Componentes Principais;

A REDE DE MONITORAMENTO DOS SISTEMAS AQUIFEROS DA REGIAO CARBONIFERA DE SANTA CATARINA

*SOTÉRIO, Patrícia Wagner¹; TROIAN, Guilherme Casarotto¹;
(1) CPRM - Criciúma - SC - Brasil;*

Patrícia Wagner Sotério (patricia.soterio@sgb.gov.br)

Introdução: A Região Carbonífera de Santa Catarina localiza-se na Região Sul do Brasil e possui uma área aproximada de 1.625 km², dos quais cerca de 6.000 ha estão diretamente impactados pela mineração do carvão. O Ministério Público Federal moveu uma Ação Civil Pública que condenou solidariamente a União e as empresas mineradoras a promoverem a recuperação ambiental das áreas impactadas. Nesse contexto foi criado o Grupo Técnico de Assessoramento a Sentença (GTA), cabendo ao Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), desde 2009 a implantação e operação da rede de monitoramento dos recursos hídricos subterrâneos. **Objetivos:** Apresentar o panorama atual, analisar a evolução e a eficiência do monitoramento, e apresentar os desafios de operacionalização de uma rede de monitoramento de longo prazo. **Método:** A implementação da rede de monitoramento ocorreu de forma gradual e estruturada em etapas consecutivas. A avaliação está baseada no histórico de implantação da rede e em dados de coletas quantitativas e qualitativas semestrais realizados nos 28 poços que captam águas do aquífero profundo (formação rio bonito abaixo da camada de carvão) e 11 poços instalados em aquíferos quaternários (leques aluviais e fluvio-lagunares). **Resultados:** O objetivo da implementação da rede foi o de avaliar a influência da mineração de carvão nos recursos hídricos subterrâneos da região. A série de dados histórica demonstra que a rede de monitoramento está atingindo o objetivo proposto, principalmente no sentido de observar a evolução hidroquímica da água subterrânea e avaliar o real efeito da mineração na região. Porém se observou a necessidade de incrementar os dados de potenciometria através da instalação de transdutores de pressão com o passar do tempo apresentando alta eficácia na coleta de indicadores e no cumprimento das metas estabelecidas para o período. **Conclusão:** A operação da rede de monitoramento pelo SGB/CPRM permite que se tenha uma visão regionalizada das condições hidrogeoquímicas dos aquíferos presentes na região carbonífera de Santa Catarina, auxiliando nas tomadas de decisões em relação as obras de recuperação ambiental.

Bacia carbonífera de Santa Catarina; Gestão Ambiental; Rede de Monitoramento;

LEGADO DE NITROGENIO EM AQUIFERO URBANO TROPICAL: RECONSTRUÇÃO HISTÓRICA E PROJEÇÕES DE LONGO PRAZO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

BARRETO, FERNANDA Souto¹; VARNIER, Claudia Luciana²; SUHOGUSOFF, Alexandra Vieira¹; MARQUES, Carlos Gil¹; FERRARI, Luiz Carlos¹; BERTOLO, Reginaldo¹; HIRRATA, Ricardo¹; VAN CAPPELLEN, Philippe³;

(1) Universidade de São Paulo - SAO PAULO - SP - Brasil; (2) Instituto de Pesquisas Ambientais - SAO PAULO - SP - Brasil; (3) University of Waterloo - Canada;

FERNANDA

Souto

BARRETO

(fernandasouto@usp.br)

A expansão dos sistemas de saneamento geralmente está associada à melhoria da qualidade das águas subterrâneas. No entanto, em aquíferos urbanos, parte do nitrogênio que ingressa em subsuperfície ao longo de décadas permanece armazenada na zona não-saturada, constituindo um legado de contaminação capaz de comprometer esse recurso hídrico por gerações. Nesse contexto, este trabalho apresenta um modelo de balanço de massa, com o objetivo de reconstruir a evolução histórica (1910–2025) e projetar cenários futuros (2026–2200) da dinâmica do nitrogênio em uma microbacia hidrográfica do Sistema Aquífero Bauru (SAB), situada na área urbana de Bauru (SP). A principal inovação metodológica reside na aplicação de uma Análise de Sensibilidade Baseada em Recalibração (ASBR), abordagem que isola a elasticidade do sistema frente a incertezas hidrogeológicas estruturais, mantendo a consistência física do balanço de massa. O modelo foi estruturado em dois reservatórios transientes, representando as zonas não-saturada (ZNS) e saturada do SAB, acoplados por lixiviação de primeira ordem. Dados históricos de urbanização, crescimento populacional e cobertura de esgotamento sanitário foram integrados a cargas per capita de nitrogênio, permitindo reconstruir os aportes antrópicos desde 1910. A recarga induzida por perdas na rede de abastecimento foi considerada como mecanismo de transferência de nitrogênio entre os compartimentos do modelo. A calibração foi realizada por simulações estocásticas de Monte Carlo (15.000 iterações), utilizando como restrições a massa acumulada na ZNS e a concentração de 13,68 mg/L de N-NO₃- registrada em 2025. A reconstrução histórica mostra que a expansão da rede coletora reduziu os aportes diretos de nitrogênio no SAB, mas não eliminou as cargas difusas associadas aos vazamentos da infraestrutura urbana. Os resultados evidenciam forte inércia hidroquímica do sistema, evidenciada pelo acúmulo de 1.295,6 toneladas de nitrogênio retidas na zona não-saturada em 2025 (75,5% do estoque subterrâneo total). Esse passivo ambiental é capaz de sustentar concentrações elevadas de nitrato por um tempo de residência médio (lag time) de 64,2 anos, demonstrando que a memória do sistema se estende por mais de seis décadas. As projeções futuras indicam que, sob expansão urbana desordenada (sprawl), as concentrações de nitrato explodem, atingindo 244,01 mg/L em 2200. Inversamente, o cenário de mitigação (redução das perdas na rede de água para 8%) promove a recuperação gradual da qualidade da água, reduzindo a concentração para 6,92 mg/L em 2200 (uma redução de 49,4% em relação a 2025), reconduzindo o aquífero para teores abaixo do limite de potabilidade (10 mg/L N-NO₃-). Os resultados demonstram que a resposta da qualidade das águas subterrâneas em ambientes urbanos ocorre em escalas temporais muito superiores às consideradas no planejamento urbano convencional. Dessa forma, as concentrações futuras de nitrato refletem não apenas as decisões de saneamento adotadas nas próximas décadas, mas também o nitrogênio acumulado em subsuperfície ao longo do último século. A metodologia proposta oferece uma ferramenta de apoio à gestão integrada de aquíferos urbanos e à avaliação de estratégias de saneamento em cidades em expansão. Este estudo foi financiado pela FAPESP (Projeto Temático SACRE, processo nº 2020/15434-0).

Aquífero; Bauru; Contaminação Hidroquímica; Legado; Nitrogênio;

ATENUAÇÃO NATURAL DE NITRATO EM AQUIFERO URBANO TROPICAL: OS SEDIMENTOS ALUVIONARES COMO REATORES BIOGEOQUÍMICOS

*BARRETO, FERNANDA Souto¹; VARNIER, Claudia²; BERTOLO, Reginaldo¹; HIRATA, Ricardo¹;
(1) Universidade de São Paulo - SAO PAULO - SP - Brasil; (2) Instituto de Pesquisas Ambientais
(IPA/SEMIL) - SAO PAULO - SP - Brasil;*

FERNANDA Souto BARRETO (fernandasouto@usp.br)

Os vazamentos na rede de esgotamento sanitário ameaçam a qualidade do Sistema Aquífero Bauru (SAB), fonte estratégica de abastecimento urbano no município de Bauru (SP). Localmente, o SAB é composto pela intercalação de arenitos e camadas argilosas da Formação Adamantina, recoberta por sedimentos aluvionares (areias, siltes e argilas) do Rio Bauru. Dada a alta vulnerabilidade dessas litologias, este estudo avaliou o efeito da transição faciológica na atenuação da pluma de nitrato gerada pelo rompimento da infraestrutura de saneamento básico. O objetivo desta pesquisa foi mapear tridimensionalmente a pluma de contaminação e avaliar o potencial de atenuação natural por processos biogeoquímicos ao longo do gradiente hidráulico, desde a zona de recarga urbana até a zona de descarga ribeirinha. Para tanto, instalou-se uma rede de monitoramento de alta resolução espacial composta por 12 poços multinível em fluxo discreto, permitindo o imageamento do fluxo subterrâneo em um transecto de aproximadamente 100 metros a partir da fonte. Parâmetros físico-químicos de campo, hidroquímica de íons maiores, gases dissolvidos e isótopos estáveis ($\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$) foram amostrados para caracterizar as assinaturas da água e os processos de transformação do nitrogênio. No foco da contaminação, registraram-se concentrações alarmantes superiores a 100 mg/L de NO_3 , com impacto vertical severo atingindo até 20 metros de profundidade no aquífero. A jusante da fonte, contudo, deve-se uma redução drástica e consistente nas concentrações de nitrato, que decresceram para níveis inferiores a 1 mg/L de NO_3^- . Esta atenuação ocorre por desnitrificação bacteriana localizada nos poços rasos (profundidade 3,7 m) posicionados exatamente na interface de contato com os sedimentos aluvionares. Essa zona de reação é caracterizada pelo estabelecimento de um forte gradiente redox anóxico, evidenciado por teores extremamente baixos de oxigênio dissolvido ($\text{OD} < 2 \text{ mg/L}$), intensa produção de metano ($3.190 \text{ } \mu\text{g/L}$) e consumo de carbono orgânico total ($\text{COT } 0,87\%$). Os valores isotópicos de $\delta^{18}\text{O}$ ($-7,13$ a $-5,80\text{‰}$) e de $\delta^2\text{H}$ ($-46,11$ a $-35,56\text{‰}$) confirmaram o esgoto sanitário como a assinatura hidroquímica indutora das reações. Conclui-se que os sedimentos aluvionares saturados funcionam energeticamente como "reatores biogeoquímicos" naturais, promovendo a desnitrificação e agindo como uma barreira reativa ecológica que protege os corpos d'água superficiais contra a carga de contaminantes urbanos. O estudo destaca que a caracterização estratigráfica detalhada e o monitoramento multinível são fundamentais para o modelo conceitual e gestão eficiente de áreas urbanas contaminadas. Este estudo foi financiado pela FAPESP (Projeto Temático SACRE, processo nº 2020/15434-0).

Alivião; Desnitrificação; Isótopos; Nitrato; Saneamento;

ESTIMATIVA DE RECARGA POTENCIAL POR INTEGRAÇÃO DE PARAMETROS FISICO-CLIMATICOS: SUBSIDIOS PARA A GESTAO DE RECURSOS HIDRICOS NA ARC-JURUBATUBA (SP)

SILVA, Laiz Oliveira Leite¹; CONICELLI, Bruno Pirilo¹; LUCENA, Larissa Lima¹; MENDOZA, Angel Steven Intriago¹;

(1) Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências - São Paulo - SP - Brasil;

Laiz

Oliveira

Leite

Silva

(laiz.oliveira@usp.br)

Introdução: A região de Jurubatuba configura um dos mais complexos passivos ambientais associados à contaminação de águas subterrâneas por solventes organoclorados no Brasil. Inserida na porção sudeste da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 6) que corresponde integralmente a Bacia do Alto Tietê, a região possui uma histórica concentração industrial às margens do Canal Jurubatuba e do Rio Pinheiros o que resultou na contaminação dos Sistemas Aquíferos Sedimentar (SAS) e Cristalino (SAC), motivando a criação da Área de Restrição e Controle para Captação e Uso das Águas Subterrâneas (ARC-Jurubatuba). Modelos de fluxo e transporte de contaminantes que auxiliem a gestão dos recursos hídricos de regiões como esta são essenciais para que projeções de contaminações possam ser feitas a fim de manter a segurança hídrica da população. **Objetivos:** Desenvolvimento de uma base de dados geoespacial multitemporal dos principais vetores da dinâmica hidrogeológica de Jurubatuba, com foco na aquisição e análise de dados climáticos para a estimativa da recarga potencial do aquífero e na caracterização do uso e ocupação do solo (Land Use and Land Cover - LULC), como insumo para modelos de fluxo subterrâneo e transporte de contaminantes. **Método:** A análise do LULC abrangeu os anos de 2005 (EMPLASA) 2014, 2018 e 2021 (GeoSampa), com processamento e tabulação das áreas por classe. Para a estimativa da recarga potencial, adotou-se o método do balanço hídrico sequencial de Thornthwaite e Mather (1955), implementado em ambiente SIG. Mapas de tipo de solo (MapBiomass), LULC e declividade (MDE) foram reclassificados com pesos ponderados de acordo com a influência no processo de infiltração. Para os dados climáticos, foram obtidos valores de duas fontes de precipitação e temperatura: a série histórica (1995-2025) mensal disponibilizada pela Estação Meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP); e estimativas obtidas pelo produto CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data), com cobertura específica para a área de estudo no período de 1983-2025. **Resultados:** Os dados do LULC evidenciaram retração de 33,1% das áreas industriais entre 2005 (8,58% da área total) e 2021 (5,74%), e aumento das áreas residenciais entre 2014 (55,53%) e 2021 (56,45%) com tendência de verticalização. Além disso, o mapa gerado a partir dos dados de contaminação evidencia a ocorrência de áreas contaminadas em regiões que sofreram mudança no uso do solo. A soma algébrica dos mapas físicos reclassificados gerou um mapa preliminar do coeficiente de escoamento com valores entre 0,1 e 1. Combinando esse produto com os resultados do balanço hídrico foi obtido o mapa de recarga potencial da área de estudo. A recarga potencial média foi estimada em 208,88 mm/ano, o que corresponde a aproximadamente 13,48% da precipitação média anual (1549 mm/ano). As classes de baixo e moderado potencial de recarga representam cerca de 68,8% da área total. **Conclusão:** Os resultados indicam que aproximadamente 13,48% da precipitação anual contribui para a recarga potencial dos aquíferos na região de Jurubatuba. A integração de dados climáticos, físicos e de uso do solo é eficaz para a identificação de áreas com diferentes potenciais de infiltração, o que é de grande valor para a gestão dos recursos hídricos na ARC-Jurubatuba, demonstrando a viabilidade metodológica da abordagem e a utilidade dos produtos geoespaciais.

águas subterrâneas; recarga de aquífero; segurança hídrica; uso e ocupação do solo;

REMEDIAÇÃO IN SITU DE CROMO TOTAL E HEXAVALENTE EM AGUA SUBTERRANEA UTILIZANDO FERRO ZERO-VALENTE SULFETADO COLOIDAL

VANDERLINDE DAMASIO, Bruno¹; MCGREGOR, Richard¹;
(1) Aquifero Serviços de Remediação Ltda. - São Paulo - SP - Brasil;

Bruno Vanderlinde Damasio (brunod@aquiferoservicos.com.br)

Introdução: O cromo trivalente e hexavalente são amplamente utilizados em diversos setores industriais, incluindo galvanoplastia, produção de aço inoxidável, curtume, fabricação têxtil e preservação de madeira. Apesar de sua ampla aplicação industrial, o cromo pode representar um risco à saúde humana e ao meio ambiente, especialmente na forma hexavalente, devido à sua elevada toxicidade. Embora o ferro zero-valente granular (gZVI) seja eficaz no tratamento do cromo em águas subterrâneas, seu tamanho de partícula normalmente exige aplicação por meio de técnicas de fraturamento hidráulico, o que pode resultar na distribuição inadequada do reagente e no desempenho inconsistente do tratamento. Avanços recentes nos processos de moagem e revestimento de ZVI resultaram em uma nova forma de ZVI, com tamanho coloidal e reatividade aprimorada devido ao revestimento sulfetado. Em um site industrial ativo, a equipe da ASR projetou e implementou um programa de remediação in situ utilizando ZVI sulfetado coloidal para tratar concentrações elevadas de cromo total e hexavalente em água subterrânea, de até 210.000 µg/L. Objetivos: O objetivo do programa de tratamento foi reduzir as concentrações de cromo total e hexavalente na água subterrânea para valores inferiores aos limites regulatórios, utilizando métodos de remediação in situ. Metodologia: Para atender aos objetivos, uma versão do ZVI sulfetado coloidal (S-MicroZVI®) foi selecionada para tratar a pluma de contaminação em água subterrânea, devido ao seu tamanho inferior de partícula (<5 µm) e à sua elevada reatividade para o tratamento de cromo. O produto foi injetado por meio de Direct Push Technology (DPT) em uma única campanha de injeção, sob baixa pressão (<40 psi). A aplicação foi feita em uma malha densa de injeção, tanto vertical quanto lateralmente, para garantir uma distribuição homogênea do reagente no aquífero livre heterogêneo composto por argila siltosa. Amostras de água subterrânea foram coletadas em poços de monitoramento por baixa vazão em 1, 3, 6, 12, 18 e 24 meses após a injeção, sendo analisadas para cromo total e hexavalente, parâmetros químicos gerais, aceptores e doadores de elétrons. Resultados: O monitoramento da água subterrânea e dos sólidos do aquífero durante e após a injeção indicaram que o reagente foi distribuído de forma eficaz no aquífero. Análises de testemunhos de solo mostraram que a concentração total de ferro nos sólidos do aquífero aumentou em pelo menos uma ordem de grandeza dentro da zona-alvo de injeção, quando comparadas às concentrações pré-injeção. Ademais, concentrações elevadas de ferro nos sólidos foram observadas a distâncias de 3 a 4 metros dos pontos de injeção, validando o design de remediação executado. As amostras de água subterrânea indicaram que condições altamente redutoras (<275 mV) foram estabelecidas no aquífero dentro de 1 mês após a aplicação. As concentrações de cromo hexavalente e total na água subterrânea ficaram abaixo de 10 µg/L em 1 mês após a injeção, valor pelo menos 1 ordem de grandeza inferior ao padrão regulatório aplicável, permanecendo estáveis ou reduzindo ainda mais durante o período de monitoramento de 24 meses. Conclusões: Os resultados da aplicação full scale de ZVI sulfetado coloidal demonstraram uma redução rápida e sustentada das concentrações de cromo total e cromo hexavalente para valores inferiores aos limites de detecção analítica durante todo o período de monitoramento de 24 meses.

cromo hexavalente; cromo total; DPT; S-MicroZVI;

REMEDIACAO IN SITU DE PCE E TCE EM AQUIFERO DE ROCHA FRATURADA UTILIZANDO FERRO ZERO-VALENTE SULFETADO COLOIDAL E CARVAO ATIVADO COLOIDAL (CAC)

MCGREGOR, Richard¹; VANDERLINDE DAMASIO, Bruno¹;
(1) Aquifero Servicos de Remediação Ltda. - São Paulo - SP - Brasil;

Richard

McGregor

(rickm@irsl.ca)

Introdução: A remediação de água subterrânea contaminada por etenos clorados em rocha fraturada é um dos maiores desafios para os profissionais de áreas contaminadas, em razão da complexidade dos sistemas de fraturas e dos efeitos de difusão reversa na matriz rochosa. O desenvolvimento recente de reagentes coloidais, como carvão ativado (CAC) e ferro zero-valente, tem possibilitado a injeção eficaz de reagentes de longa permanência em aquíferos fraturados, oferecendo uma alternativa promissora para o enfrentamento desse desafio. Em um antigo site industrial situado sobre rocha fraturada, a equipe da ASR projetou e implementou um programa de tratamento utilizando estas tecnologias. **Objetivo:** O objetivo do programa foi reduzir as concentrações de PCE e TCE na água subterrânea para níveis abaixo dos limites regulatórios, por meio de técnicas in situ, em um período de até 2 anos. **Metodologia:** Para atender esse objetivo, versões coloidais de carvão ativado (PlumeStop®) e ferro zero-valente sulfetado (S-MicroZVI®) foram selecionadas, em função de seu reduzido tamanho de partícula (< 5 µm), elevada reatividade e comprovada eficácia no tratamento de PCE e TCE. Ambos os reagentes são incorporados em uma matriz de carbono orgânico, favorecendo sua dispersão no aquífero-alvo. Antes da injeção, as zonas de fraturas foram caracterizadas quanto à transmissividade, fluxo de massa dos contaminantes, parâmetros geoquímicos e microbiológicos. O monitoramento foi realizado por meio de amostragens de água subterrânea utilizando baixa vazão e passive diffusion bags (PDB) em uma rede de 17 poços de monitoramento e poços multiníveis do tipo CMT. As amostras foram testadas para compostos orgânicos voláteis (VOCs), parâmetros geoquímicos, aceptores e doadores de elétrons, gases dissolvidos, testes de genética molecular e análise isotópica de composto específico (CSIA), aos 3, 6, 12, 18, 24 e 36 meses após a injeção. Os reagentes foram injetados em uma única campanha em uma série de sondagens direcionadas às 3 zonas de fraturas previamente identificadas, sob baixa pressão (<40 psi). **Resultados:** O monitoramento da água subterrânea e de testemunhos de rocha após a injeção indicou que os reagentes foram distribuídos nas 3 zonas de fraturas previamente identificadas, superando a área alvo de influência projetada de 50 m². As concentrações de PCE e TCE foram reduzidas para valores inferiores aos limites de detecção analítica (LD) em até 6 meses após a aplicação, permanecendo abaixo desses limites durante todo o período de monitoramento de 36 meses. Os subprodutos de degradação biótica permaneceram não detectáveis, com exceção de quatro detecções pontuais de cis-1,2-DCE aos três meses iniciais, cujas concentrações retornaram aos limites de detecção nas campanhas subsequentes. Os resultados moleculares e de CSIA indicaram que processos de degradação abiótica e biótica ocorreram simultaneamente aos mecanismos de sorção. **Conclusões:** Os resultados da aplicação full scale de PlumeStop® e S-MicroZVI® demonstraram uma redução rápida e sustentada das concentrações de PCE e TCE para níveis inferiores aos limites de detecção analítica, sem acúmulo de produtos intermediários clorados ao longo dos 36 meses de monitoramento.

aquífero de rocha fraturada; CAC; PCE; S-MicroZVI; TCE;

AREA DE RESTRIÇÃO E CONTROLE COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO: UMA ANÁLISE DE EFETIVIDADE NA ARC JURUBATUBA, SÃO PAULO (SP)

LUCENA, Larissa¹; CONICELLI, Bruno¹; BERTOLO, Reginaldo¹; ALBUQUERQUE FILHO, José Luiz²; L'APICCIARELLA, Emanuel¹; OLIVEIRA, Laiz¹;

(1) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil; (2) Instituto de Pesquisas Tecnológicas - São Paulo - SP - Brasil;

Larissa

Lucena

(lucena.larissa13@gmail.com)

Introdução: Em áreas urbanas com histórico industrial, a contaminação de águas subterrâneas por etenos clorados representa um desafio persistente de gestão ambiental, para o qual as Áreas de Restrição e Controle (ARCs) constituem um dos instrumentos adotados. A ARC Jurubatuba, zona sul de São Paulo (SP), foi estabelecida temporariamente em 2005 (DAEE, 2005) e revisada em 2011 e 2021 (CBH-AT, 2011; 2021). Passadas quase duas décadas, a efetividade espacial e metodológica dessa medida carece de avaliação sistemática. **Objetivos:** O objetivo deste trabalho é avaliar a efetividade de Áreas de Restrição e Controle (ARCs) em aquíferos urbanos contaminados por etenos clorados por meio de uma abordagem geoespacial multicritério, tendo a região de Jurubatuba, São Paulo, como estudo de caso. **Método:** A análise geoespacial multicritério foi conduzida por meio da integração de múltiplas linhas de evidência em ambiente SIG. A efetividade das ARCs foi avaliada a partir da correspondência espacial entre seus limites e a distribuição das evidências de contaminação por etenos clorados, considerando duas linhas complementares: a distribuição das áreas contaminadas por etenos clorados e os resultados analíticos de amostras de água subterrânea. O framework incorporou ainda dados históricos e atuais de uso e ocupação do solo. A avaliação concentrou-se nas delimitações da ARC Jurubatuba estabelecidas em 2011 e 2021, as quais compartilham o mesmo limite externo. A proposta de atualização da ARC Jurubatuba de IPT (2025), ainda não vigente, foi utilizada como referência comparativa e não como objeto de avaliação de efetividade. **Resultados:** A análise evidenciou que a maioria das áreas contaminadas coincidiu espacialmente com as antigas zonas industriais, especialmente ao longo do Canal Jurubatuba e do Rio Pinheiros. Ainda assim, um conjunto expressivo de áreas contaminadas localizou-se fora dos limites das antigas zonas industriais, indicando a presença de contaminação em locais com outros usos. As delimitações da ARC Jurubatuba de 2011 e 2021 abrangeram a maior parte das áreas contaminadas identificadas em 2025 por etenos clorados, resultado que evidencia a importância da incorporação de áreas com atividades de elevado potencial de contaminação na metodologia de delimitação da ARC. No entanto, cerca de 48% dos poços com detecção de etenos clorados registrada após a delimitação dessas versões situaram-se fora dos limites de restrição, indicando a presença de contaminação além da área originalmente delimitada. A comparação entre amostras estratificadas de águas subterrâneas, coletadas via Borehole Fluid Sampler (BHFS) por IPT (2025), detectou contaminantes não identificados pela amostragem convencional nos mesmos poços, sugerindo possível subestimação da extensão da contaminação pelos métodos tradicionais. **Conclusão:** Os resultados evidenciaram que as ARCs constituem instrumentos úteis, porém devem ser tratadas de forma dinâmica, com revisões periódicas baseadas em dados analíticos atualizados e métodos de monitoramento de maior resolução. A gestão adaptativa, com ampliação das amostragens estratificadas e atualização dos limites das ARCs, mostrou-se essencial para a adequada proteção da população.

águas subterrâneas; Análise geoespacial multicritério; Áreas de restrição e controle (ARC); Áreas Industriais; Etenos clorados;

USO DE AGUAS SUBTERRANEAS PARA IRRIGAÇÃO ASSOCIADO A EXPANSÃO AGRÍCOLA E A VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA EM SORRISO, MATO GROSSO

RAIOL, Aline Noronha¹; TAVARES, Carla Coblinski¹; RODRIGUES, Alexandre Carreira¹; REDES, Leticia Alexandre¹; SAITO, Victoria Midori Silva¹; ARAÚJO, Juliana Freitas¹; SILVA, Ana Caroline Soares Christovão¹; COMELLI, Cleciani¹; SILVA, Talita Menezes Gomes¹;
(1) SEMA-MT - CUIABÁ - MT - Brasil;

Aline Noronha Raiol (alineraiol@sema.mt.gov.br)

Introdução: O município de Sorriso, no médio norte de Mato Grosso, destaca-se como um dos principais polos produtores de grãos do Brasil. A expansão agrícola e a intensificação produtiva elevaram a demanda por recursos hídricos, enquanto a irregularidade das chuvas e a ocorrência de veranicos aumentaram a dependência da irrigação. Nesse contexto, as águas subterrâneas tornaram-se estratégicas, impulsionando a perfuração de poços e a demanda por outorgas, reforçando a necessidade de gestão sustentável dos recursos hídricos. **Objetivos:** Analisar o uso de águas subterrâneas na irrigação em função da expansão agrícola e da variabilidade pluviométrica em Sorriso (MT), identificando relações entre o aumento da área irrigada e plantada, a ocorrência de déficits hídricos e a crescente demanda por captações subterrâneas. **Método:** Os dados de outorgas de irrigação de áreas > 30 ha por águas subterrâneas (2015–2025) foram obtidos junto à SEMA-MT. As séries temporais de áreas agrícolas totais (2020–2024) e irrigadas por pivôs centrais (2020–2025) foram extraídas do MapBiomas via Google Earth Engine. Os Dados meteorológicos diários (1996–2025) foram obtidos da plataforma ClimAg/NASA POWER, permitindo o cálculo da precipitação e identificação de veranicos (chuvas ≤ 5 mm). O processamento e as análises foram automatizados no Google Workspace, utilizando Google Apps Script e Google Sheets. **Resultados:** A análise da série histórica de precipitação (1996–2025) mostrou elevada variabilidade pluviométrica em Sorriso, com totais anuais variando de 645 mm (2015) e 2.114 mm (2006). Nos anos recentes, destacam-se os baixos volumes registrados em 2020 (977 mm) e 2025 (982 mm). Contudo, a precipitação anual isoladamente não explica o aumento da demanda por irrigação. A avaliação dos veranicos, revelou forte sazonalidade e intrassazonalidade climática. Durante a estação seca (maio a setembro), são frequentes veranicos de 20 a 31 dias, enquanto no período chuvoso (outubro a abril) predominam eventos entre 2 e 20 dias, capazes de provocar déficits hídricos mesmo em anos chuvosos. Nos anos de 2020 e 2024, a área plantada apresentou crescimento discreto, com incremento de aproximadamente 4.125 ha (0,68%), indicando estabilidade da fronteira agrícola. Em contraste, a área irrigada por pivôs centrais aumentou de 147.330 ha para 222.030 ha entre 2020 e 2025, equivalente a 74.700 ha (50,7%). Esses resultados indicam a intensificação da irrigação em áreas consolidadas no município. Os dados de outorgas para irrigação de áreas > 30 ha por captação subterrâneas corroboram essa tendência. O número de poços variou entre 1 e 13 em 2015 e 2023, 16 em 2024 e 38 em 2025. De forma semelhante, a vazão requerida por captação subterrânea para irrigação aumentou de 11.837 m³/dia em 2023 para 107.067 m³/dia em 2025. **Conclusão:** Os resultados indicam que a expansão da irrigação em Sorriso está associada à variabilidade pluviométrica, à ocorrência de veranicos e pela distribuição irregular das chuvas. Já o aumento da área irrigada por pivôs centrais e da demanda por águas subterrâneas reforçam a necessidade de monitoramento, planejamento e gestão sustentável do aquífero.

Agricultura; Déficit hídrico; POÇOS;

PADROES ESPACIAIS DOS PARAMETROS HIDRAULICOS DO SISTEMA AQUIFERO SAMBAIBA A PARTIR DE REGISTROS DE OUTORGA

SOUSA, CLÁUDIO JOSÉ DA SILVA DE¹; FREITAS, GABRIELA MORENA SOUSA DE²; PINHEIRO, KARINA SUZANA FEITOSA²; SÍRIO, DANIEL DE LIMA NASCIMENTO²;
(1) UEMA - SÃO LUIS - MA - Brasil; (2) UEMA - SÃO LUÍS - MA - Brasil;

CLÁUDIO JOSÉ DA SILVA DE SOUSA (claudiojose@professor.uema.br)

Introdução O Sistema Aquífero Sambaíba é constituído por arenitos eólicos mesotriássicos da formação homônima, depositados durante a desertificação do Gondwana (Caputo, 1984; Spisila, 2011; Medeiros et al., 2018). Com área aflorante superior a 24.000 km² e espessuras de 20 a 322 m, apresenta elevada importância hidrogeológica na Província do Parnaíba (Martins, 2022; Martins et al., 2024), com produtividade hidrogeológica de Muito Alta a Alta (Monteiro et al., 2012). Nesse contexto, o presente trabalho visa analisar a distribuição espacial dos parâmetros hidráulicos do Sistema Aquífero Sambaíba com base em registros de outorga. Metodologia Nesse sentido, foram compilados 234 registros de outorga de poços tubulares dos quais 145 foram considerados válidos após análise de consistência. Os parâmetros nível estático e dinâmico, rebaixamento, vazão de teste e específica, e carga hidráulica foram interpolados por krigagem ordinária no Surfer v.27. Essa operação contemplou a análise de variogramas experimentais e ajuste de modelos teóricos, visando identificar padrões espaciais e tendências regionais do comportamento hidráulico do sistema aquífero. Resultados Os variogramas experimentais (Figura 1a) foram construídos para as direções de 0, 45, 90 e 135 e as diferenças observadas não justificaram a adoção de modelo anisotrópico, sendo adotado modelo isotrópico com direção de 90° como referência. O ajuste dos modelos teóricos aos variogramas experimentais (Figura 1b) permitiu distinguir dois grupos de variáveis regionalizadas. O primeiro corresponde às variáveis de campo hidráulico, representadas pelo nível estático, nível dinâmico, rebaixamento e carga hidráulica, que apresentaram melhor ajuste ao modelo Gaussiano e elevada continuidade espacial. O segundo compreende as variáveis de produção, representadas pela vazão de teste e vazão específica, ajustadas aos modelos Esférico e Exponencial, refletindo maior influência de heterogeneidades locais e das características construtivas dos poços. Os mapas interpolados corroboram essa diferenciação, evidenciando padrões contínuos para as variáveis de campo hidráulico e maior variabilidade espacial para as variáveis de produção (Figura 2). O gradiente hidráulico regional indica fluxo subterrâneo predominante de sul para norte, enquanto o Arco de Xambioá-Teresina atua como divisor de águas subterrâneas e provável área de recarga. A partir dos mapas interpolados foram definidos dois domínios hidrogeológicos principais: um sudoeste, associado às bordas da bacia e à condição mais aflorante da Formação Sambaíba, e outro nordeste, direcionado ao depocentro da Província do Parnaíba, onde a unidade ocorre em maiores profundidades e sob maior confinamento. A análise da vazão específica indicou produtividade Moderada ($1,0 \leq q < 2,0$ m³/h/m) a Muito Alta ($q \geq 4,0$ m³/h/m) em 53,6% dos poços avaliados, corroborando classificações hidrogeológicas anteriores. Conclusões A análise geoestatística permitiu distinguir variáveis de campo hidráulico (nível estático, dinâmico, rebaixamento e carga hidráulica) e variáveis de produção (vazão de teste e específica), evidenciando controles regionais e locais distintos. Já os conjuntos espaciais corroboraram dois domínios hidrogeológicos, um a nordeste e outro a sudoeste da área investigada, com diferentes padrões de produtividade aquífera e resposta hidráulica.

Padrões espaciais; Parâmetros hidráulicos; Província Hidrogeológica do Parnaíba; Sistema Aquífero Sambaíba;

**ANALISE PRELIMINAR DO IMPACTO DAS MUDANÇAS AMBIENTAIS NOS RECURSOS HÍDRICOS
DA BACIA DO MAMPITUBA**

VILANDE, Lucas Lopes¹; SCHWANCK, Franciéle¹; REGINATO, Pedro Antonio Roehe¹; DE VARGAS, Tiago¹;

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre - RS - Brasil;

Lucas Lopes Vilande (lucasvilande1909@gmail.com)

As mudanças climáticas podem alterar a disponibilidade dos recursos hídricos e influenciar a demanda pelo uso de águas superficiais e subterrâneas. Nesse contexto, compreender a influência da variabilidade climática sobre a demanda por água é fundamental para a gestão dos recursos hídricos. O estudo analisa a relação entre a precipitação, obtida por meio de estações meteorológicas e dados de reanálise atmosférica, e os pedidos de outorga para uso dos recursos hídricos na Bacia do Mampituba entre 2016 e 2026. Durante esse período, a região foi afetada por eventos de estiagem registrados nos anos de 2018, 2020, 2021, 2022 e 2023, os quais coincidiram com alterações na demanda pelo uso da água. O estudo avaliou a relação entre precipitação e pedidos de outorga na Bacia do Rio Mampituba entre 2016 e 2026, identificando a evolução das demandas por água superficial e subterrânea e suas principais finalidades de uso. O estudo foi realizado na Bacia do Rio Mampituba, entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Foram analisados os pedidos de outorga registrados no Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul (SIOUT) entre 2016 e 2026. Os dados foram organizados por ano e por finalidade de uso. Os dados de precipitação foram obtidos junto ao INMET em estações meteorológicas de Torres (RS), Cambará do Sul (RS) e Araranguá (SC), complementadas por dados de reanálise atmosférica obtidos no Climate Reanalyzer. A relação entre precipitação e pedidos de outorga foi avaliada por meio de análises de correlação. Quanto aos resultados, observou-se aumento no número de pedidos de outorga ao longo da série, passando de 31 registros em 2016 para um máximo de 98 em 2022. Nos anos seguintes, os valores permaneceram elevados. As solicitações para uso de águas superficiais predominaram durante todo o período analisado, embora tenha sido observado aumento expressivo dos pedidos para águas subterrâneas em 2023. Quanto às finalidades de uso, a irrigação apresentou os maiores percentuais na maior parte dos anos, predominando nos anos de estiagem. Os períodos de estiagem registrados na área de estudo coincidiram com alterações no perfil de uso dos recursos hídricos. Em anos sem estiagem, observou-se maior participação de pedidos relacionados ao desassoreamento de rios, enquanto nos anos secos houve predominância de usos ligados às atividades agropecuárias, especialmente irrigação e dessedentação animal. As análises de correlação entre precipitação e pedidos apresentaram elevada variabilidade, destacando-se coeficientes significativos ($> 0,5$) na estação de Torres em 2016 (0,64) e 2024 (0,57), em Cambará do Sul em 2023 (0,58) e nos dados de reanálise para os anos de 2020 (0,65), 2023 (0,59) e 2025 (0,64). Conclui-se que a variabilidade climática influencia a demanda pelos recursos hídricos na Bacia do Rio Mampituba, refletindo principalmente nas finalidades de uso da água durante os períodos de estiagem. O aumento dos pedidos de outorga ao longo da série analisada reforça a importância do monitoramento climático e do planejamento da gestão dos recursos hídricos frente às mudanças climáticas.

agua; Bacia do Mampituba; Estiagem; recursos hídricos;

ELABORAÇÃO DO MAPA HIDROGEOLOGICO DO ESTADO DO TOCANTINS

SENHORINHO, Eliel Martins¹; DE PAULA, Thiago Luiz Feijó²; FREDDO FILHO, Valmor José³; ABREU, Marcio Costa⁴; CASTRO, Tamiris Araújo Duarte⁵; OLIVEIRA, Nayhara De Lima⁵; REMPEL, Katarina⁶; SILVA, Priscila Sousa³; COLEN, Aymara Gracielly Nogueira⁷; COELHO, Silvana Faria Guedes⁷; MARTINS, Regina Lúcia Ianes⁷;

(1) SGB - Porto Alegre - RS - Brasil; (2) SGB - Recife - PE - Brasil; (3) SGB - Rio de Janeiro - RJ - Brasil; (4) SGB - São Paulo - SP - Brasil; (5) SGB - Goiânia - GO - Brasil; (6) SGB - Porto Velho - RO - Brasil; (7) ATS - Palmas - TO - Brasil;

Eliel Martins Senhorinho (eliel.senhorinho@sgb.gov.br)

O Mapa Hidrogeológico do Estado do Tocantins, elaborado na escala 1:500.000 no âmbito do Projeto de Disponibilidade Hídrica do Serviço Geológico do Brasil, constitui um instrumento estratégico para o planejamento, gestão e proteção dos recursos hídricos subterrâneos. O trabalho integra informações geológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, hidrológicas e ambientais, permitindo compreender a ocorrência, o armazenamento, a circulação, a exploração e a vulnerabilidade das águas subterrâneas no território estadual. O produto apresenta uma caracterização territorial contemplando localização geográfica, domínios hidrolitológicos, unidades de conservação, compartimentação do relevo, pluviometria, morfometria das bacias hidrográficas e capacidade de infiltração dos solos. Essas informações permitem interpretar os processos de recarga e descarga dos aquíferos e os fatores naturais que condicionam a circulação, armazenamento e a disponibilidade hídrica subterrânea. A área do Estado do Tocantins apresenta condições favoráveis à infiltração das águas de chuva. Destacam-se os extensos domínios de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos, associados a relevo predominantemente plano ou suavemente ondulado. As precipitações médias anuais variam entre aproximadamente 1.100 mm e 2.100 mm, contribuindo para a renovação das reservas subterrâneas. O levantamento de poços cadastrados identificou 6.086 registros de captações e fontes naturais de água subterrânea. Desse total, cerca de 95,7% encontram-se em condições de uso. As maiores concentrações de poços estão associadas aos municípios de Palmas, Araguaína, Gurupi, Porto Nacional, Paraíso do Tocantins e Alvorada. As análises hidroquímicas indicam baixa salinidade, reduzidos valores de condutividade elétrica e boa qualidade natural. A avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos à contaminação demonstra que aproximadamente 45% da área estadual apresenta vulnerabilidade baixa, enquanto cerca de 15% corresponde a áreas classificadas como de vulnerabilidade alta ou extrema. Essas informações subsidiam o ordenamento territorial, a localização de atividades potencialmente poluidoras e ações de proteção ambiental. A principal contribuição do produto consiste na avaliação da produtividade dos aquíferos com base na metodologia da Taxonomia Hidrogeológica e em referenciais técnicos recomendados pela UNESCO. Foram identificados os domínios hidrolitológicos granular, fraturado e cárstico, além das unidades hidroestratigráficas com informações sobre produtividade, litologia, qualidade da água e vulnerabilidade natural. Entre os sistemas aquíferos de maior relevância destacam-se Urucua, Itapecuru, Corda, Sambaíba, Piauí, Poti e Cabeças, que apresentam produtividade de moderada a muito elevada, boa extensão regional, e que têm importante participação na manutenção das vazões de base dos cursos d'água superficiais. O Aquífero Embasamento Indiferenciado também possui grande relevância em razão de sua ampla distribuição espacial e contribuição para o atendimento das demandas hídricas. O mapa hidrogeológico fornece base técnica robusta para subsidiar políticas públicas, gestão integrada dos recursos hídricos, planejamento territorial, concessão de outorgas, monitoramento hidrogeológico, proteção ambiental e estratégias voltadas à segurança hídrica. Dessa forma, constitui ferramenta essencial para promover o uso sustentável das águas subterrâneas e fortalecer a gestão dos recursos hídricos no Estado do Tocantins.

aquíferos; Cartografia Hidrogeológica; POÇOS; Produtividade; Vulnerabilidade;

ONE BASIN, MULTIPLE DISCIPLINES: AN INTERDISCIPLINARY ASSESSMENT OF RIVER-AQUIFER INTERACTIONS IN THE GUARANI AQUIFER OUTCROP AREA

UCHÔA, JOSÉ GESCILAM SOUSA MOTA¹; AYLLON, José A. C.¹; ABRAHÃO, Daniel P.¹; BERTOTTO, Luis E.¹; REIS, Alan¹; CUNHA, Davi Gasparini F.¹; CORBI, Juliano J.¹; ANACHE, Jamil A. A.¹; WENDLAND, Edson C.¹;

(1) EESC/USP - São Carlos - SP - Brasil;

JOSÉ GESCILAM SOUSA MOTA UCHÔA (gescilam@gmail.com)

Introduction: The interface between surface water and groundwater plays a critical role in sustaining healthy river ecosystems and biogeochemical processes (Lewandowski et al., 2020). Despite recent advances, water resources management in Brazil still treats surface water and groundwater as largely separate systems (Uchôa et al., 2024). One of the main challenges to integrated management is the lack of interdisciplinary studies that combine hydrological, ecological, and biogeochemical information within a single framework (Cantonati et al., 2020). Objectives: This study proposes a comprehensive, scalable, and interdisciplinary approach to assess river-aquifer interactions in the outcrop area of the Guarani Aquifer System (GAS). Specifically, we investigate whether groundwater upwelling zones act as longitudinal discontinuities in nutrient concentrations and whether they provide preferential habitats that support enhanced organic matter decomposition rates and greater taxonomic richness and abundance of benthic macroinvertebrates. Method: The Onça Creek Watershed, located in the municipality of Brotas, São Paulo State, contains an extensive long-term hydroclimatic and hydrological monitoring network within the GAS outcrop area (Wendland et al., 2022). We assessed groundwater contributions to streamflow and ecosystem functioning through: (i) temperature as a natural tracer using distributed temperature sensing (DTS) and point temperature sensors; (ii) water-quality analyses using a multiparameter probe and measurements of major nitrogen and phosphorus species; (iii) macroinvertebrates as bioindicators (Cardoso et al., 2024); and (iv) cotton-strip assays to quantify organic matter decomposition (Tiegs et al., 2013), alongside streamflow measurements. This framework was applied to three stream reaches (S1, S2, and S3) characterized by contrasting degrees of groundwater connectivity (Reis, 2023) over two years through quarterly field campaigns. Results: Both DTS and point temperature sensors indicated that reach S2 exhibited higher mean temperatures and significantly lower thermal variability than the other reaches. Statistical analyses revealed significant differences in thermal amplitude and temperature anomalies among reaches. Nutrient analyses suggested localized enrichment of NO_3^- -N, NH_4^+ -N, and total nitrogen downstream of S2. Ecological indicators showed greater microbial cellulolytic activity, reflected by higher organic matter decomposition rates in reaches S2 and S3 compared with S1. Furthermore, S2 consistently exhibited greater macroinvertebrate richness and diversity than the other reaches. Conclusion: Taken together, our findings demonstrate that groundwater discharge influences not only streamflow but also key ecological and biogeochemical processes, reinforcing the need for integrated water resources management. From a management perspective, the proposed framework provides a practical pathway for implementation because it relies largely on monitoring techniques and infrastructure already available in many regions of São Paulo State. The framework can support the development of integrated monitoring programs capable of informing environmental-flow assessments, ecosystem conservation strategies, and climate-change adaptation measures.

; Ecohydrological Perspective; Hyporheic Exchange Processes; Surface Water–Groundwater Interactions;

HIDROFÁCIES E DESEMPENHO HIDRAULICO DE POÇOS NO AQUIFERO ADAMANTINA (SP) A PARTIR DA ANÁLISE EXPLORATORIA DE BANCO DE CADASTRO

*CORRÊA, Nádia Franqueiro¹;
(1) IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas - São Paulo - SP - Brasil;*

Nádia Franqueiro Corrêa (nadiafc@ipt.br)

Introdução: As águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, em sua porção correspondente ao Aquífero Adamantina, sustentam múltiplos usos no oeste paulista. Entretanto, a heterogeneidade do meio poroso sedimentar pode produzir ampla variabilidade no rebaixamento e na vazão específica, limitando a previsibilidade do desempenho dos poços. Bancos cadastrais reúnem informações litológicas, construtivas e hidráulicas capazes de subsidiar análises preliminares dessa variabilidade. **Objetivo:** Avaliar, por meio de análise exploratória de dados cadastrais, a relação entre hidrofacies derivadas dos perfis litológicos declarados e o desempenho hidráulico de poços do Aquífero Adamantina, considerando rebaixamento, vazão específica e comprimento do intervalo filtrante informado. **Métodos:** Utilizou-se o banco cadastral do SIAGAS/CPRM com poços distribuídos em sete municípios paulistas. A análise foi restrita às captações do Aquífero Adamantina, excluindo-se registros dos aquíferos Guarani e Serra Geral por representarem sistemas hidrogeológicos distintos. As descrições litológicas foram padronizadas e convertidas em descritores do perfil, incluindo espessura de arenito, número de camadas e transições sedimentares. Foram definidas três hidrofacies: HF1 – arenito contínuo, HF3 – misto e HF4 – finos dominantes. O desempenho hidráulico foi avaliado pelo rebaixamento, pela vazão específica e por $\log_{10}(Q/s)$. Nos poços com intervalo filtrante declarado, examinou-se também a relação entre o comprimento da seção filtrante e a vazão específica. As distribuições de rebaixamento e $\log_{10}(Q/s)$ entre as hidrofacies foram comparadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, adotando-se nível de significância de 5%. **Resultados:** A HF1 apresentou a menor mediana de rebaixamento (21,85 m), enquanto HF3 e HF4 registraram medianas mais elevadas e semelhantes, de 43,98 m e 44,10 m, respectivamente. Apesar dessa tendência, houve ampla sobreposição entre as distribuições, e o teste de Kruskal-Wallis não indicou diferenças estatisticamente significativas para o rebaixamento ($H = 4,326$; $p = 0,115$). Para $\log_{10}(Q/s)$, HF3 apresentou a maior mediana (-0,22), seguida por HF1 (-0,30), enquanto HF4 apresentou o menor valor mediano (-0,51), indicando menor vazão específica relativa nessa classe. Contudo, as distribuições também se sobrepuseram, sem diferença significativa entre as hidrofacies ($H = 1,476$; $p = 0,478$). A espessura de arenito e o comprimento do intervalo filtrante, analisados isoladamente, não mostraram relações lineares evidentes com o rebaixamento e a vazão específica, respectivamente. Espacialmente, a maior ocorrência de HF1 em Tupã, Bastos e Parapuã coincidiu com áreas de maior densidade de registros cadastrais, devendo ser interpretada com cautela. **Conclusão:** As hidrofacies derivadas dos perfis cadastrados mostraram tendências distintas de rebaixamento, mas não explicaram isoladamente a variabilidade do desempenho hidráulico. Os resultados apontam para a influência conjunta de fatores litológicos, construtivos, locais e relacionados às condições dos ensaios. A abordagem não permite prever de forma determinística o desempenho de novos poços, mas pode reduzir incertezas em avaliações preliminares, apoiar projetos construtivos e estudos de locação e evidenciar a importância do preenchimento adequado dos dados litológicos e dos intervalos filtrantes nos cadastros públicos.

Aquífero Adamantina; hidrofacies; poços tubulares; Rebaixamento; vazão específica;

AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DOS COMPLEXOS METAMÓRFICOS AFLORANTES NO HOMOCLINAL SERRA DO CURRAL, MG.

*FIUSA, Matheus Castro¹; DE PAULA, Rodrigo Sergio²; NOVO, Tiago Amâncio³;
(1) LEHID - UFMG - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) LEHID - UFMG - Belo Horizonte - MG - Brasil; (3) UFMG - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Matheus Castro Fiusa (math.castrogeo@gmail.com)

Determinar parâmetros hidrodinâmicos é um importante meio para caracterizar e delimitar melhor o comportamento aquífero de uma região. Limitando a norte o Quadrilátero Ferrífero (QF), o Homoclinal Serra do Curral (HSC) é uma importante estrutura de armazenamento de água, porém, para além dos principais aquíferos, unidades não aquíferas da região são amplamente utilizadas para abastecimento residencial e industrial. No HSC a região centro-norte e centro-sudoeste afloram os complexos metamórficos, unidades não aquíferas fraturadas, amplamente urbanizadas, de onde foram utilizados 46 testes de bombeamento para determinar os parâmetros da região. Caracterizar os principais parâmetros, Condutividade Hidráulica (K), Transmissividade (T) e Armazenamento (S), dos complexos metamórficos utilizando poços espalhados pela área. Foram utilizados 46 testes de bombeamento executados por terceiros, disponibilizados pelo Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM/SEMAD) do órgão gestor de Minas Gerais. Associado a isso foi utilizado a derivada de Bourdet para melhor determinar a resposta dos testes e a escolha da melhor curva-teórica que represente o aquífero. Todos os dados foram tratados no excel 2016 e suas curvas foram geradas por meio de um script em Python. Dos 46 testes, 33 se adequaram a curva de Warren-Root, 7 a Hantush-Jacob, 3 a Boulton/Neuman e 2 a Gringarten, com ajuste R^2 superiores de 0.85. Os dados medianos de cada parâmetros são: para Warren-Root, $K = 10^{(-9)}$ m/s, $T = 10^{(-6)}$ m²/s e $S = 10^{(-7)}$; para Hantush-Jacob, $K = 10^{(-8)}$ m/s, $T = 10^{(-5)}$ /m²/s, $S = 10^{(-4)}$; Boulton/Neuman, $K = 10^{(-8)}$ m/s, $T = 10^{(-5)}$ m²/s, $S = 10^{(-5)}$; e Gringarten, $K = 10^{(-8)}$ m/s, $T = 10^{(-5)}$ m²/s, $S = 10^{(-4)}$. Embora baixa variabilidade dos dados medianos, localmente foram observados extremos, com $K = 10^{(-5)}$ m/s ou $10^{(-13)}$ m/s e $T = 10^{(-2)}$ m²/s ou $10^{(-10)}$ m²/s, causado principalmente por fraturas condutivas (nos maiores valores) e zonas pouco permeáveis (nos valores menores). Os dados demonstram uma heterogeneidade de configuração e comportamento dessa unidade, que muitas vezes é classificada na literatura como sendo não aquífera, entretanto, mesmo por essa classificação, os complexos metamórficos possuem uma quantidade significativa de poços, principalmente devido a sua localização. Os 46 poços utilizados apresentam profundidades variadas (entre 60 e 150 metros), o que ajuda a justificar as diferentes respostas obtidas pelo teste de bombeamento. A aplicação da Derivada de Bourdet para a seleção dessas 5 curvas se demonstrou crucial visto que o aquífero pode apresentar configurações distintas tanto lateralmente quanto verticalmente, sendo as curvas geradas pelo método uma forma de melhor distinguir o comportamento do aquífero ou pelo menos limitar a menor quantidade de curvas possíveis. A combinação de técnicas para a determinação de parâmetros associado a conhecimento geológico e hidrogeológico prévio conseguem reduzir demonstram como a heterogeneidade de um meio se apresenta, tanto pelos seus dados medianos quanto pelos seus outliers, caracterizando-se assim um aquífero que localmente se comporta como um aquífero.

; Derivada de Bourdet; Quadrilátero Ferrífero; Teste de bombeamento; Unidades não-aquíferas;

**A GROUNDWATER WELL DATABASE TO ADVANCE INTEGRATED SURFACE WATER-
GROUNDWATER MANAGEMENT IN BRAZIL**

UCHÔA, José Gescilam S. M.¹; OLIVEIRA, Paulo Tarso S.²; BALLARIN, André S.¹; GASTMANS, Didier³; ANACHE, Jamil A. A.¹; SCANLON, Bridget R.⁴; CAMACHO, Clyviah R.⁵; FREDDO FILHO, Valmor J.⁵; WENDLAND, Edson C.¹;
(1) EESC-USP - São Carlos - SP - Brasil; (2) Federal University of Mato Grosso do Sul - Campo Grande - MS - Brasil; (3) São Paulo State University - Rio Claro - SP - Brasil; (4) University of Texas at Austin - United States; (5) SGB - Rio de Janeiro - RJ - Brasil;

José Gescilam S. M. Uchôa (gescilam@gmail.com)

Introduction: Groundwater supplies nearly half of global irrigation demand (Döll et al., 2012). Its importance groundwater is expected to increase as result of rising water demand and climate change impacts (Lutz et al., 2022). However, limitations in the spatio and temporal coverage of groundwater monitoring networks continue to constrain our understanding of the groundwater dynamics, hindering effective water resources management (Uchôa et al., 2024). Objectives: This study presents an open-access Brazilian groundwater well database designed to support integrated surface water-groundwater management. The database includes information on well location, water use, surface elevation, drilling year, well depth, static and dynamic water levels, well capacity, aquifer type, aquifer confinement conditions, and lithological data availability. Method: The database was developed through five main steps: data collection, data standardization, quality control, data validation, and data export. Data were compiled from two initiatives of the Geological Survey of Brazil: the Groundwater Information System (SIAGAS) and the Integrated Groundwater Monitoring Network (RIMAS), using records available through 2025. The datasets were harmonized and subjected to quality-control procedures to identify inconsistencies, duplicate records and records with unclear construction dates. Whenever possible, groundwater well information was cross-validated and assigned a quality flag. The final database was made available in tabular (CSV) and geospatial formats (shapefile and netCDF for monitoring wells). Further details are provided in Uchôa et al. (2025). Results: Quality-control procedures identified 351,256 records representing likely unique wells, including 453 monitoring wells available through 2025. The quality-flag assessment indicated that 309,564 wells (over 88% of the database) showed no inconsistencies in key variables, including location, well depth, static water level, and drilling year. Among the RIMAS monitoring wells that began in 2010, 453 contained at least one daily observation, with a median monitoring period of 3,074 days. Less than 0.5% of the daily observations were flagged as inconsistent. Spatial analyses revealed a concentration of wells in Brazil's drylands and a preferential location of wells within 1 km of the nearest river of 2nd order or higher. Conclusion: We believe that this database represents a contribution to sustainable water resources management in Brazil. Because the Geological Survey of Brazil continuously receives information on new and existing wells, the database reflects the most up-to-date information available at the time of compilation. The results highlight biases and gaps in groundwater monitoring and may help guide the strategic placement of future monitoring wells. This dataset is intended to serve as a valuable resource for researchers, decision-makers, and stakeholders, supporting integrated surface water-groundwater management across Brazil.

Conjunctive Water Management; Groundwater Dataset; Groundwater Management;

AVALIAÇÃO DO PARAMETRO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE DO AQUIFERO EM SÃO FRANCISCO, NORTE DE MINAS GERAIS

*ESPÍNDOLA, Luiza Monteiro¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; MONTEIRO, Letícia Pereira dos Santos¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; MACÊDO, Vitória Gomes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;
(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Luiza Monteiro Espíndola (luizaespindola88@gmail.com)

Introdução: Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), cerca de 15,9% da população de São Francisco utiliza as águas subterrâneas para consumo. **Objetivos:** Diante desse contexto, é necessário mapear a vulnerabilidade do aquífero, considerando o uso e a ocupação do solo. Dessa forma, é possível identificar as áreas que necessitam de maior proteção ambiental e monitoramento. A bacia do Riacho Boi do Morto e Vereda do Tabuleirinho está localizada no município de São Francisco, ao norte de Minas Gerais, tendo uma área de 168,98 km². **Método:** Foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento com dados do MapBiomas, processados no QGIS. De acordo com a classificação de Zupo et al. (2024) foram atribuídos pesos às classes de uso e ocupação do solo conforme seu potencial de contaminação. **Resultados:** Cerca de 47,12% da bacia é composta por pastagens e recebe o peso 8; 31,03% de formação savânica (peso 1), 12,44% de mosaico de usos (peso 2); 5,69% de formação florestal (peso 1); 2,26% de outras lavouras temporárias (peso 8); 1,30% de corpos d'água (peso 4); 0,13% de outras áreas não vegetadas (peso 10) e 0,04% de afloramentos rochosos (peso 8). Quase metade da bacia (cerca de 49,38% da área) recebeu peso 8 por serem regiões em que a vegetação nativa foi retirada para usos agrícolas ou pecuários, apresentando maior suscetibilidade à contaminação. As áreas classificadas como outras lavouras temporárias correspondem às plantações que não duram o ano todo, sendo de ciclo curto. Embora ocupem apenas 3,82 km², essa região merece destaque pelo potencial de aplicação de defensivos agrícolas cujos compostos podem ser carreados pelas águas superficiais e atingir as águas subterrâneas. No caso dos afloramentos rochosos, essas áreas podem apresentar mais conexão direta com o aquífero, o que aumenta o potencial de contaminação. Entretanto nessa bacia, essa área é pequena (0,63 km²). Os resultados indicam menores pesos para as regiões na porção central e próximas ao rio São Francisco, onde há predominância de formações savânicas e florestais. Nessa área, a cobertura vegetal reduz processos erosivos e a percolação de poluentes. **Conclusão:** Os resultados são preliminares e constituem uma parte da avaliação da vulnerabilidade que contará com outros parâmetros. Dessa maneira, os resultados poderão subsidiar decisões no que tange a escolha de áreas de proteção e monitoramento ambiental.

águas subterrâneas; Contaminação; Geoprocessamento; Proteção Ambiental;

BIOFERTILIZANTES GRANULARES DE VINHAÇA: MITIGAÇÃO DO RISCO DE LIXIVIAÇÃO E PROTEÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

*SANTOS, Izadora Barroso¹; DE ALMEIDA, Thiago Henrique Silva¹; MOREIRA, Victor Rezende¹;
(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Izadora Barroso Santos (izadorabarrososantos@gmail.com)

Introdução: A disposição de efluentes da indústria canavieira, como a vinhaça, gera passivos ambientais e riscos de contaminação de aquíferos por lixiviação de nutrientes. Nesse cenário, os processos de separação por membranas, como a ultrafiltração (UF) e a osmose reversa (OR), combinados com a granulação em torta de filtro, surgem como alternativas viáveis para aproveitamento dos resíduos gerados. Essa integração converte subprodutos em fertilizantes orgânicos sólidos de liberação controlada, mitigando impactos na interface solo-água. **Objetivos:** Avaliar o potencial técnico e ambiental de fertilizantes granulares produzidos a partir do enriquecimento de torta de filtro com concentrados de vinhaça (UF e OR). O foco esteve em demonstrar a eficiência desses insumos na redução da mobilidade vertical de nutrientes, visando mitigar o risco de contaminação de águas subterrâneas, e na retenção de umidade do solo. **Método:** O vinhoto foi processado via UF (vácuo a 0,7 bar) e OR (pressão de 10 bar) para a obtenção de frações concentradas em macronutrientes. Esses líquidos foram incorporados à torta de filtro (proporção de 1:1) para a produção de fertilizantes granulares formulados à base de UF e OR, os quais foram secos ao ar até atingirem umidade constante. A avaliação da mobilidade e do potencial de contaminação hídrica foi realizada por meio de testes de lixiviação em coluna em escala laboratorial. Simultaneamente, a eficiência agrônômica e a dinâmica hídrica foram analisadas em ensaios de vaso com cultivo de alface crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*). Foram monitorados diariamente parâmetros físico-químicos, com ênfase na umidade volumétrica do solo, condutividade elétrica e balanço da capacidade real de água (CRA). **Resultados:** Os testes em coluna revelaram elevados fatores de retardamento para os fertilizantes granulares (R: 3,1 – 32,4) se comparados aos concentrados líquidos, confirmando a retenção de nutrientes na camada superficial (0 - 10 cm). Esse confinamento químico reduz o risco de percolação profunda de compostos lixiviáveis rumo ao lençol freático. Na dinâmica hídrica, os vasos com biofertilizantes granulares de OR e UF mantiveram altas médias de umidade volumétrica (9,1% e 9,3%, respectivamente), equivalentes ao fertilizante comercial (9,5%). Contudo, os biofertilizantes superaram o insumo mineral em desenvolvimento vegetativo, sugerindo que a retenção hídrica ocorreu pela estrutura porosa do grânulo e não por falta de absorção pelas plantas. As formulações de OR exibiram maior teor de nutrientes e resposta imediata, enquanto as de UF destacaram-se pelo aporte de matéria orgânica. **Conclusão:** A conversão da vinhaça e da torta de filtro em fertilizantes granulares demonstrou viabilidade técnica e ambiental, alinhando-se às premissas de sustentabilidade agrícola. A formulação sólida reduziu os riscos de lixiviação difusa de nutrientes para as águas subterrâneas e contribuiu para a retenção de água no solo. Assim, o insumo apresenta potencial para reduzir a dependência de irrigações, mostrando-se como uma possível ferramenta estratégica de resiliência climática para a agricultura contemporânea.

Agricultura; Contaminação; Manejo Hídrico; Separação por Membranas; Vinhoto;

DEPENDENCIA DO ARMAZENAMENTO E IMPLICAÇÕES PARA O PEAK GROUNDWATER NO SISTEMA AQUIFERO GUARANI EM BAURU (SP)

RUSIG, Julia Belandrino¹; MARQUES, Carlos Henrique Gil¹; CONICELLI, Bruno Pirilo¹; HIRATA, Ricardo¹; (1) Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;

Julia Belandrino Rusig (jubelarus@usp.br)

Introdução: O uso crescente de águas subterrâneas não renováveis tem levado à depleção de aquíferos fósseis ao redor do mundo. O Sistema Aquífero Guarani (SAG) armazena águas predominantemente não renováveis e fósseis em suas porções confinadas, onde a exploração tem aumentado significativamente em áreas urbanas como Bauru (SP). No município, o SAG responde por aproximadamente 65% do abastecimento público e apresenta rebaixamentos contínuos dos níveis potenciométricos da ordem de 1 a 2 m/ano, refletindo um regime de superexploração. O uso de águas não renováveis pode ser justificado quando os benefícios socioeconômicos superam os impactos negativos, desde que cuidadosamente geridos para garantir maior longevidade do recurso. Nesse contexto, o conceito de Peak Groundwater (Bhalla et al., 2025) fornece um arcabouço conceitual para discutir os limites físicos e temporais da exploração. **Objetivos:** Avaliar a evolução dos níveis d'água do SAG em Bauru entre 2010 e 2025, investigando a relação entre exploração e rebaixamento, bem como suas implicações para a gestão de aquíferos fósseis e para um possível cenário de Peak Groundwater. **Método:** Foram analisadas séries históricas de bombeamento e níveis dinâmicos de poços municipais operados pelo Departamento de Água e Esgoto de Bauru (DAE-Bauru). O modelo geológico tridimensional do SAG, construído a partir da interpretação de mais de 40 perfis geofísicos de poços de abastecimento integrados em ambiente Leapfrog Works®, foi utilizado para a geração do grid numérico e implementação do modelo de fluxo subterrâneo baseado no código MODFLOW, utilizando o software GMS como interface gráfica. O modelo foi empregado na avaliação dos efeitos da exploração sobre a distribuição espacial dos rebaixamentos e das zonas de interferência entre poços. **Resultados:** Na área urbana de Bauru, o SAG possui espessura saturada de 63 a 344 m e reserva compressível estimada de 60 Mm³. Entre 2010 e 2025, a exploração anual aumentou de 23,25 para 39,83 Mm³, correspondendo a um incremento de 71% e a um volume acumulado extraído de 482 Mm³. Os raios de interferência estimados variam de 2,5 km na Formação Piramboia, 3,8 km na Formação Guará e 4,3 km na Formação Botucatu, refletindo as diferenças de espessura saturada e propriedades hidráulicas entre as unidades aquíferas do SAG. A comparação entre exploração anual e variação média dos níveis apresentou coeficiente de determinação de 0,58 para regressão linear forçada pela origem. **Conclusão:** O aumento contínuo da exploração do SAG em Bauru, associado ao rebaixamento persistente dos níveis d'água, sugere uma crescente dependência do armazenamento para manutenção das vazões exploradas. Esse comportamento é compatível com condições associadas aos estágios iniciais de Peak Groundwater, reforçando a necessidade de estratégias de gestão adaptativa. Os elevados raios de interferência observados evidenciam a importância da distribuição espacial dos poços na evolução dos rebaixamentos, enquanto a ocorrência de zonas com elevada transmissividade (15 a 25 m²/h) e espessura saturada superior a 200 m, afastadas das áreas críticas, sugere potencial para otimização das interferências entre captações. **Referências bibliográficas:** Bhalla, S., Cherry, J. A., Konikow, L. F., Taylor, R. G., & Parker, B. L. (2025). Peak groundwater: Aquifer-scale limits to groundwater withdrawals. *Earth's Future*, 13, e2025EF006221. FAPESP 2025/12306-4; 2020/15434-0 aquífero fóssil; modelagem numérica; Peak Groundwater; Sistema Aquífero Guarani;

**ANALISE DOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DE POÇOS DE CAPTAÇÃO SUBTERRÂNEA EM
SAO FRANCISCO, MINAS GERAIS**

*ESPÍNDOLA, Luiza Monteiro¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; MONTEIRO, Letícia Pereira dos Santos¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; MACÊDO, Vitória Gomes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;
(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Luiza Monteiro Espíndola (luizaespindola88@gmail.com)

Introdução: O pH (potencial hidrogeniônico) é um parâmetro físico-químico utilizado para avaliar a qualidade da água. De maneira geral, valores de pH menores que 7 são considerados ácidos, maiores que 7 são considerados básicos e valores próximos de 7 são considerados neutros. Águas mais básicas tendem a formar incrustações e águas mais ácidas tendem a gerar corrosão em estruturas metálicas. Ainda, o valor de pH influencia o equilíbrio resultante da dissolução carbonática, determinando a predominância de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. A alcalinidade é a capacidade de neutralizar ácidos, sendo um indicador da sua capacidade tamponante. Além disso, os íons dissolvidos (sólidos dissolvidos totais) tendem a influenciar a condutividade elétrica, sendo associados ao grau de mineralização. **Objetivos:** Dessa maneira, o presente estudo busca analisar ambos os parâmetros físico-químicos de poços localizados na bacia do Riacho do Morto e Vereda do Tabuleirinho, a fim de compreender as características das águas utilizadas para abastecimento humano. **Método:** Essa bacia está localizada na cidade de São Francisco na porção norte de Minas Gerais e conta com uma área de 168,98 km². A campanha de coleta foi realizada em outubro de 2025 em oito poços distribuídos de maneira desigual na bacia. Os parâmetros físico-químicos foram medidos in situ utilizando-se um medidor multiparâmetro. Os valores apresentaram grandes diferenças entre poços, com destaque para a alcalinidade, sendo proveniente do bicarbonato (HCO₃⁻), uma vez que os valores de pH estão entre 4,6 e 8,3. **Resultados:** O menor valor medido foi de 218,25 mg/L (poço FZCB1.2) e o maior foi de 556 mg/L (poço 111.2), cerca de 39,25% de diferença, estando localizados na região noroeste e nordeste, respectivamente. Esses mesmos poços apresentaram diferenças de 57,02% em termos de condutividade elétrica e 51,53% nos valores de sólidos dissolvidos totais (SDT). É possível considerar que essa relação sugere que em águas com maiores concentrações de bicarbonato, há maior condutividade elétrica e maiores concentrações SDT. Nesses casos, pode indicar que a água desses poços tem maior tempo de residência, sendo mais mineralizadas. Os valores de pH indicam águas levemente ácidas (6,53), neutras (7,03) e básicas (8,14). Apesar da variação da mineralização, não há grandes variações dos valores de pH, o que pode indicar a alta capacidade tamponante dessas águas subterrâneas. **Conclusão:** Avaliando apenas os parâmetros físico-químicos, é possível observar diferenças no grau de mineralização, não sendo observados indícios iniciais de comprometimento na potabilidade da água, sendo apenas uma primeira etapa na caracterização da qualidade da água. Devem ser feitos ensaios microbiológicos e análise de compostos orgânicos e inorgânicos para confirmar a potabilidade. Alcalinidade; Bacia hidrográfica; Condutividade elétrica; pH;

USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA AUXILIAR NA OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS INTERNOS DE ALIMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES HIDROGEOLOGICAS

*SILVA, Cristiane Neres¹; SANTOS, Paulo Lucas de Jesus¹; PEREIRA FILHO, Marco Antônio Mendes¹;
(1) Serviço Geológico do Brasil - Salvador - BA - Brasil;*

Paulo Lucas de Jesus Santos (paulolucas326@gmail.com)

O avanço recente das ferramentas de Inteligência Artificial (IA) tem ampliado suas aplicações em diversos setores, incluindo ambientes administrativos e processos de tratamento de dados. Em bancos de dados hidrogeológicos, atividades relacionadas à transcrição, padronização e inserção de informações podem demandar elevado tempo operacional, especialmente quando envolvem registros históricos, descrições extensas e necessidade de conversão de parâmetros. Com isso, buscou-se avaliar a utilização de ferramentas de inteligência artificial como suporte à otimização de processos internos de alimentação de sistemas de Informações hidrogeológicas, analisando seu potencial na redução de obstáculos operacionais relacionados ao cadastro de testes de bombeio, descrição litológica e interpretação de fichas históricas deterioradas. Foi utilizada uma ferramenta de IA de fácil acesso como suporte às atividades de transcrição e organização de dados, devido à sua integração com planilhas digitais. Foram analisados três processos internos: cadastro de testes de bombeio, inserção de descrições litológicas e transcrição de fichas históricas. Para os testes de bombeio, a ferramenta foi utilizada na transcrição automática de dados em formato PDF para planilhas digitais, permitindo posterior conversão e exportação em formato compatível com o sistema. Para as descrições litológicas, empregou-se a ferramenta na transcrição e padronização de termos. Nas fichas históricas, a IA foi utilizada como suporte à interpretação de registros de baixa legibilidade. Observou-se redução significativa no tempo necessário para execução das atividades. No cadastro de testes de bombeio, o tempo médio foi reduzido de aproximadamente 60 minutos para cerca de 10 minutos por registro. No cadastro litológico, verificou-se diminuição do tempo de inserção e maior adequação das descrições às limitações operacionais do sistema. A utilização da ferramenta também demonstrou potencial na recuperação e interpretação de informações presentes em fichas históricas deterioradas. Os resultados indicam que a utilização ética e supervisionada de ferramentas de inteligência artificial apresenta potencial para otimizar processos administrativos internos relacionados à alimentação de bancos hidrogeológicos. Entretanto, a intervenção humana permanece indispensável para validação e revisão dos dados, considerando a possibilidade de erros de interpretação e transcrição pela ferramenta.

águas subterrâneas; automação; banco de dados; inteligência artificial;

AVALIAÇÃO HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA RIACHO BOI MORTO, MINAS GERAIS

*DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; MONTEIRO, Letícia Pereira dos Santos¹; SOARES, Luiza Monteiro Espíndola¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; MACÊDO, Vitória Gomes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;
(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Gabriel Coelho Diniz Lopes de Sousa (gabrielcoelhodls@gmail.com)

Introdução: A avaliação da qualidade das águas subterrâneas é imprescindível para a gestão dos recursos hídricos, principalmente nas regiões semiáridas do Brasil, onde o abastecimento enfrenta desafios relacionados à falta de infraestrutura e estiagem. O município de São Francisco, localizado no norte de Minas Gerais, tem parte de seu abastecimento vindo da captação de poços. A região está inserida no contexto geológico do Grupo Bambuí, destacando-se a Formação Sete Lagoas e a Formação Lagoa do Jacaré, que apresenta calcários intercalados com pelitos. A formação do sistema aquífero é caracterizada por um aquífero cárstico-fissural formado na porção carbonática. Nessas rochas, especialmente na Formação Lagoa do Jacaré, a circulação pretérita de fluidos hidrotermais formou mineralizações com metais pesados e cristais de fluorita encrustados em veios de calcita, o que justifica a origem natural das anomalias químicas na água. **Objetivos:** O presente estudo objetivou caracterizar as águas da Bacia do Riacho Boi Morto, município de São Francisco, localizado no Norte de Minas Gerais. Além de avaliar sua conformidade com os padrões de potabilidade para águas subterrâneas de Classe 1, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008. **Método:** A metodologia baseou-se na coleta de água em oito poços espalhados pela região e sua posterior análise em laboratório. As análises foram feitas utilizando cromatografia iônica e espectrometria de massas. Os resultados foram interpretados levando em conta o contexto litológico da região, e avaliados conforme a Resolução CONAMA nº 396/2008, que prevê os padrões de potabilidade em relação a diversos parâmetros físico-químicos. **Resultados:** A concentração média de ferro nos pontos da região foi de aproximadamente 0,48 mg/L, superando o limite para águas potáveis. As concentrações de mercúrio e cádmio registraram valores excessivos em todos os pontos de coleta, superando os valores máximos permitidos de 0,001 mg/L e 0,005 mg/L, respectivamente. O urânio excedeu a norma, de 0,015 mg/L, em cinco dos oito pontos analisados. O fluoreto, por sua vez, excedeu a concentração limite em dois dos oito pontos analisados, com valores de 2,138 mg/L e 1,994 mg/L, extrapolando o limite de 1,5 mg/L. Além disso, parâmetros como o sódio, manganês, bário e boro também apresentaram excessos em um ponto. **Conclusão:** Portanto, ao analisar o contexto litológico apresentado, é possível concluir que as anomalias químicas são provenientes da interação entre as águas e as formações litológicas locais, onde o processo de dissolução dos minerais que compõem a rocha, altera a composição química da água. Dessa forma, a água desses aquíferos não pode ser classificada como Classe 1 por ser imprópria para o consumo humano. Por se tratar de um ambiente sem contaminação antrópica, mas que necessita de tratamento anterior ao consumo, as águas da região se enquadram na Classe 2. Para que a água seja distribuída de forma segura para a população, ela deve passar por processos como desfluoretação e desmineralização, viabilizando, assim, a sua distribuição.

análise hidroquímica; CONAMA nº 396/2008; Contaminação;

INTEGRAÇÃO METODOLÓGICA PARA CARACTERIZAÇÃO DO BACKGROUND NATURAL DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

VIEIRA, Lucas Debatin¹; BERTOLO, Reginaldo Antônio¹; GOUVÊA Júnior, José Carlos Rocha¹; HART, Sasha Tom²;

(1) Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil; (2) Elementar Ambiental - Portugal;

Lucas

Debatin

Vieira

(lucasdebatin@usp.br)

Introdução: A determinação de valores de background hidrogeoquímico e litoquímico constitui uma etapa fundamental no planejamento ambiental anterior à instalação de empreendimentos minerários, estabelecendo a linha de base para a avaliação de impactos antrópicos futuros. Contudo, devido à complexidade técnica e aos custos associados, tais estudos frequentemente são suprimidos ou executados de forma incipiente. Na Bacia Carbonífera Catarinense (BCC), região historicamente impactada por décadas de exploração de carvão mineral, a escassez de dados de linha de base regionais dificulta a gestão hídrica adequada e a validação de estratégias de remediação ambiental. **Objetivos:** Este trabalho tem como objetivo propor uma abordagem metodológica sistemática e integrada para a caracterização do background hidrogeoquímico e a estruturação de modelos conceituais na BCC, estabelecendo diretrizes metodológicas consistentes para a gestão preditiva de recursos hídricos subterrâneos. **Método:** Foram selecionadas quatro áreas de controle a montante das zonas mineradas na BCC. A partir de dados cartográficos e furos de sondagem, delimitou-se a profundidade do principal horizonte carbonífero (Camada Barro Branco, Membro Siderópolis). Em cada área, instalaram-se de 4 a 5 ninhos de poços multiníveis, interceptando os aquíferos freático, superior e inferior ao carvão, avaliando gradientes hidráulicos e fluxos verticais. Os poços foram locados em baixas cotas topográficas e próximos a corpos superficiais para amostrar zonas de descarga. O monitoramento também integrou corpos superficiais, totalizando 54 pontos (superficiais e subterrâneos) em duas campanhas sazonais (seco e chuvoso). Analisaram-se parâmetros da Resolução CONAMA nº 420/2009 (com metais totais e dissolvidos), orgânicos (VOC, SVOC, TPH), físico-químicos básicos, acidez, alcalinidade e íons maiores. Empregaram-se isótopos estáveis (oxigênio-18 e deutério) para avaliar a proveniência e misturas hídricas. A caracterização litoquímica e mineralógica envolveu, além das análises químicas, ensaios de DRX, FRX, petrografia e testes de previsão de acidez (NAG e MABA). Os dados hidroquímicos e hidráulicos subsidiam a modelagem geoquímica via PHREEQC, consolidando mapas potenciométricos e modelos conceituais locais. **Resultados:** Os resultados parciais demonstram a robustez da integração metodológica na avaliação dos processos de interação rocha-água e na elaboração de modelos conceituais hidrogeológicos para as sub-bacias avaliadas. A heterogeneidade espacial e a extensão territorial da BCC indicam que a transposição direta de valores de background requer cautela. As assinaturas hidroquímicas iniciais fornecem as ferramentas necessárias para discernir anomalias naturais de contaminações sistêmicas por drenagem ácida. **Conclusão:** A estruturação de um diagnóstico de background abrangente é indispensável para garantir o gerenciamento dos aquíferos. Recomenda-se a inclusão desses estudos no Relatório Final de Pesquisa apresentado à ANM antes do início da lavra, mitigando passivos crônicos. Ainda, por constituir um arcabouço conceitual e investigativo robusto, a metodologia proposta pode e deve ser flexibilizada para aplicação e validação de linhas de base em diferentes contextos geológicos e distritos minerários globais.

água subterrânea; Carvão Mineral; hidrogeoquímica; Linha de Base; modelo conceitual;

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE DO SISTEMA AQUIFERO NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO, MG

*DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; MONTEIRO, Letícia Pereira dos Santos¹; SOARES, Luiza Monteiro Espíndola¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; MACÊDO, Vitória Gomes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;
(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Gabriel Coelho Diniz Lopes De Sousa (gabrielcoelhods@gmail.com)

Introdução: A água subterrânea é um recurso essencial para o abastecimento humano, sendo muitas vezes a principal fonte de distribuição de água para a população, principalmente nas regiões de clima semiárido do Brasil. Esse é o caso da Bacia do Riacho Boi Morto, no município de São Francisco, localizada no Norte de Minas Gerais. A bacia está inserida no contexto geológico do Grupo Bambuí, sendo caracterizada por rochas carbonáticas e pelíticas. No domínio hidrogeológico, a área é caracterizada por um aquífero cárstico-fissural de elevada dinâmica de fluxo, tornando o ambiente sensível a impactos antrópicos. Sendo assim, a análise da vulnerabilidade atua como ferramenta fundamental de gestão, permitindo identificar as zonas de maior risco de contaminação e orientar políticas de proteção ambiental. **Objetivo:** Dessa maneira, o presente estudo tem como objetivo determinar a vulnerabilidade intrínseca do sistema aquífero da bacia com base no seu sistema cárstico, identificando áreas com maior e menor desenvolvimento, e qual é a relação das diferentes fácies de desenvolvimento com os diferentes graus de vulnerabilidade. **Métodos:** A avaliação da vulnerabilidade intrínseca foi realizada por meio da aplicação do método GEOGRIC, focado na análise isolada do parâmetro Epicarste (E). Os mapas provenientes da aplicação do método foram gerados em ambiente SIG através do software QGIS. O método é uma adaptação de métodos preexistentes para aquíferos em regiões de clima tropical, que quantifica a vulnerabilidade através da atribuição de notas variando de 1 a 10 para as feições do terreno. Inicialmente, a Bacia do Riacho Boi Morto foi dividida em três feições principais com base em suas características litológicas e geomorfológicas: dolinas, afloramentos de rochas carbonáticas e sistemas não cársticos. Esses domínios receberam notas conforme o método, em que as áreas de absorção direta, representadas pelas dolinas, receberam a nota máxima de vulnerabilidade (10) e as áreas de afloramento cárstico receberam a nota 8. Por sua vez, o sistema não cárstico recebeu notas que variam entre 6, 4, 2 e 1, de acordo com a densidade de fraturamento. **Resultados:** A aplicação do método resultou em um mapa de vulnerabilidade, no qual as áreas classificadas como de vulnerabilidade muito alta representam menos de 1% da região, enquanto a área de alta vulnerabilidade representa cerca de 40%, e as áreas de vulnerabilidade média e baixa representam aproximadamente 60% de toda a região. **Conclusão:** Conclui-se que o parâmetro Epicarste do método GEOGRIC demonstrou eficácia na identificação das áreas mais suscetíveis à contaminação no sistema aquífero da Bacia do Riacho Boi Morto. Além disso, é importante ressaltar que, mesmo representando menos de 1% da região total, as dolinas são vias rápidas para os condutos do aquífero, exigindo atenção e a criação de medidas de proteção. Por fim, recomenda-se que os demais 40% do território classificados com alta e muito alta vulnerabilidade sejam o foco de políticas públicas de gestão e proteção dos recursos hídricos subterrâneos locais. Epicarste; GEOGRIC; Rede Carste;

DINAMICA DE NEUTRALIZAÇÃO E PASSIVAÇÃO: AVALIAÇÃO CINÉTICA PRELIMINAR DE ROCHAS CARBONÁTICAS E SILICATADAS NO TRATAMENTO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

VIEIRA, Lucas Debatin¹; BERTOLO, Reginaldo Antônio¹; FONSECA, Rita Maria Ferreira²; CRAVOTTA III, Charles A³; STROSNIDER, William⁴; GOUVÊA JÚNIOR, José Carlos Rocha¹; HART, Sasha Tom⁵; (1) Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil; (2) Universidade de Évora - Portugal; (3) Cravotta Geochemical - United States; (4) University of South Carolina - United States; (5) Elementar Ambiental Portugal;

Lucas

Debatin

Vieira

(lucasdebatin@usp.br)

Introdução: A Drenagem Ácida de Mina (DAM) representa um dos passivos ambientais mais severos e desafiadores da Bacia Carbonífera Catarinense (BCC). Diferentemente de outras bacias globais, o carvão local da Fm. Rio Bonito apresenta elevado teor de sulfetos (aprox. 9% de pirita) e poucos minerais neutralizantes. O tratamento dessa DAM enfrenta severos obstáculos logísticos e econômicos, uma vez que rochas carbonáticas precisam ser transportadas por cerca de 400 km a partir do Complexo Metamórfico de Brusque, apresentando pureza variável. Diante deste cenário, o emprego de rochas ígneas abundantes na própria bacia, como basaltos e diabásios do Grupo Serra Geral (GSG), desponta como uma alternativa para o tratamento passivo. Compreender a cinética de dissolução desses silicatos e sua capacidade de promover a estabilidade e remoção de metais é fundamental para o desenvolvimento de novas estratégias de remediação. **Objetivos:** Avaliar o potencial reativo do basalto e diabásio do GSG comparados aos metacarbonatos frente à DAM. Adicionalmente, estruturar um modelo geoquímico cinético como ferramenta preditiva para simular as reações de precipitação e dissolução nesses cenários. **Método:** Na fase experimental, conduziram-se ensaios cinéticos em bancada empregando metacarbonatos, diabásio e basalto em contato com uma amostra de DAM sintética durante duas semanas. O arranjo laboratorial avaliou variáveis físicas do sistema, incluindo variações na razão sólido-líquido (1:50 e 1:100) e regimes hidrodinâmicos (condições sob agitação e estáticas), monitorando a evolução de pH, alcalinidade e a remoção de metais (Fe, Al, Mn, Zn, Ni, Co). Na etapa preditiva, o código PHREEQC foi utilizado para simular a especiação aquosa e as reações cinéticas. Os dados experimentais calibraram o modelo computacional, permitindo o cálculo dos índices de saturação das soluções e a projeção das taxas de consumo mineral e de precipitação de fases secundárias limitantes ao longo do tempo. **Resultados:** Os resultados qualitativos revelam comportamentos contrastantes. Os metacarbonatos promovem rápida elevação inicial do pH, mas demonstram alta suscetibilidade à passivação precoce. Em contrapartida, o diabásio e o basalto apresentam cinéticas de dissolução mais lentas, sendo incapazes de atingir valores de pH acima de 4 ao longo das duas semanas, porém sugerem um potencial de tamponamento mais constante. A modelagem no PHREEQC indicou possíveis mecanismos de passivação nas rochas, demonstrando a supersaturação rápida de fases secundárias, notadamente schwertmannita e hidrobasilomina, que atuam como agentes de recobrimento, fenômeno observado nos experimentos cinéticos utilizando metacarbonatos sem agitação. **Conclusão:** A integração de ensaios físicos e modelagem termodinâmica indica que o emprego isolado de rochas ígneas é insuficiente como etapa única de neutralização, dada a sua baixa reatividade e os extensos períodos exigidos para mitigar a DAM. Contudo, a expressiva vantagem econômica desses silicatos em relação aos metacarbonatos justifica sua consideração como material alternativo em projetos de remediação. Desse modo, a aplicabilidade de basaltos e diabásios deve ser investigada em configurações combinadas ou integrando múltiplas etapas em sistemas de tratamento passivo, sob variadas composições químicas de DAM, para viabilizar e cancelar sua implementação efetiva em escala de campo.

Cinética; Modelagem Geoquímica; PHREEQC; Remediação; Rochas Ígneas;

FATORES ASSOCIADOS A EVOLUÇÃO DA EXPLORAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS

FEDERIZI, Mariely Martins¹; SILVA, Fláise Lauren²; GRILLO, Renato¹; OLIVEIRA, Jefferson Nascimento¹; (1) Universidade Estadual Paulista - Ilha Solteira - SP - Brasil; (2) Universidade Estadual Paulista - São Paulo - SP - Brasil;

Fláise Lauren Silva (flaise.silva@unesp.br)

Introdução: a Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados (UGRHI-18), localizada no noroeste do Estado de São Paulo, abrange 25 municípios, possui área de 6.728,70 km² e população aproximada de 232 mil habitantes. Nessa bacia, as atividades agropecuárias, industriais e o abastecimento urbano exercem forte pressão pelo uso de recursos hídricos. Nesse cenário, o uso de água subterrânea tem se tornado uma alternativa de abastecimento por ser uma fonte mais resiliente a longos períodos de estiagem, eventos cada vez mais frequentes decorrentes de variações climáticas. Contudo, a crescente exploração de água subterrânea pode comprometer a capacidade de recarga dos aquíferos e, conseqüentemente, a disponibilidade hídrica da bacia. **Objetivos:** analisar a evolução da exploração e utilização da água subterrânea da Bacia Hidrográfica do São José dos Dourados para identificação de possíveis fatores relacionados. **Método:** o levantamento de dados referentes aos poços e às características dos municípios da UGRHI-18 foi realizado por meio do Serviço Geológico do Brasil (SGB), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados (BSJD), da Agência de Águas do Estado de São Paulo (SP Águas) e do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS). As informações foram analisadas espacialmente por meio do software QGIS e estatisticamente para classificar os poços conforme o tipo de uso e sua distribuição na área de estudo. Por fim, foi realizada uma análise estatística utilizando-se o coeficiente de correlação de Pearson para relacionar a demanda hídrica subterrânea com variáveis socioeconômicas, como Produto Interno Bruto (PIB) per capita e quantidade de usuários. **Resultados:** a disponibilidade hídrica per capita da bacia apresentou redução de 2,79% ao longo do período analisado, passando de 7.024,04 m³/hab.ano em 2020 para 6.827,92 m³/hab.ano em 2024. Entretanto, mesmo com esse declínio, a bacia manteve-se classificada com boa disponibilidade (> 2.500 m³/hab.ano). Os resultados também evidenciaram crescimento de 84,3% da demanda por água subterrânea entre 2020 e 2023, passando de 1,21 m³/s para 2,23 m³/s. A análise dos dados socioeconômicos indicou que, além do crescimento populacional, a presença das atividades agropecuárias, especialmente das pastagens manejadas em cerca de 31,2% da área da bacia, pode estar relacionada com o aumento da demanda hídrica subterrânea. **Conclusão:** os resultados indicam que há uma tendência de crescimento da demanda por água subterrânea na UGRHI-18, potencialmente relacionada ao aumento das atividades agrícolas na região ao longo dos anos. Ainda que a disponibilidade hídrica atual da bacia seja considerada satisfatória, a tendência de aumento das captações e a redução da disponibilidade per capita reforçam a necessidade de ações integradas para a gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, o monitoramento contínuo das captações, o aperfeiçoamento dos dados aliado ao planejamento estratégico da bacia, são importantes ferramentas a serem consideradas na definição de áreas prioritárias para gestão da UGRHI-18, visando à exploração sustentável dos aquíferos. **AGRADECIMENTOS** O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), através do Convênio CAPES/UNESP Nº 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento aquíferos; demanda hídrica; disponibilidade hídrica; gestão de recursos hídricos; uso do solo;

AVALIAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO - NORTE DE MINAS GERAIS

MAGELA, Arthur Alemida¹; HERMETO, Augusto Victor Azevedo¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; MONTEIRO, Letícia Pereira Santos¹; ESPÍNDOLA, Luíza Monteiro¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; MACÊDO, Vitória Gomes¹; FIUSA, Matheus Castro¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;

(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Arthur Alemida Magela (arthurmagela1@gmail.com)

Introdução: Entender a dinâmica hídrica de uma região é grande importância para que tenha um manejo correto do recurso, especialmente em áreas com secas constantes e que dependem tanto da água chove quanto da água armazenada nos aquíferos. A área de estudo compreende o município de São Francisco, norte de Minas Gerais. Segundo a classificação de Köppen, o clima da área é do tipo tropical sub-úmido, com estações bem definidas e temperaturas elevadas durante todo o ano. Além disso, grande parte da população rural depende da água da chuva ou dos aquíferos para o abastecimento. Objetivos: Esse trabalho busca entender a dinâmica da água no município e quantificar o quanto dela permanece ou sai do sistema a partir do Balanço Hídrico, para contribuir com estudos de planejamento hídrico na região. Método: Foi aplicados o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather, onde os dados foram inseridos e tratados em uma planilha do Excel, considerando o ano hidrológico de outubro/2024 a setembro/2025. Para o uso do banco de dados, foram consultadas a estação pluviométrica de São Francisco 1544012 disponibilizada na plataforma Hidroweb e a estação climatológica de Januária (A559) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Além disso, foi considerado uma Capacidade de Água Disponível (CAD) de 100 mm Resultados: Como resultado foram encontrados uma evapotranspiração real (ETP) de 1245,39 mm e 741,3 mm de precipitação total, sendo que desse total, apenas 88,5 mm corresponde a um excedente hídrico (EXC) e 652,8 mm corresponde a evapotranspiração real (ETR), ou seja, 88% do que choveu durante o ano hidrológico retornou à atmosfera e apenas 12% pode servir, por exemplo, de recarga para aquíferos da região ou abastecimento público. O período de déficit hídrico na região acontece de março a setembro, e o excedente hídrico é visível apenas no mês de janeiro (com 88,5 mm de chuva registrados). Considerando esses dados, os resultados indicam um contexto de seca do município além de indicar uma constante perda de água na região. Conclusão: Conclui-se que há uma alta deficiência hídrica na região, que apesar de ser comum devido ao regime de chuvas e clima da área, ainda causa consequências para abastecimento público e também para a recarga dos aquíferos, que também são fonte de abastecimento no município. É relevante que o município tenha um planejamento hídrico eficiente para preservar a água que abastece a sua população.

Déficit hídrico; precipitação; Seca;

CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO MUNICÍPIO DE JANUÁRIA, MINAS GERAIS

HERMETO, Augusto Victor Azevedo¹; MAGELA, Arthur Almeida¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; MONTEIRO, Letícia Pereira dos Santos¹; ESPÍNDOLA, Luíza Monteiro¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; MACÊDO, Vitória Gomes¹; FIUSA, Matheus de Castro¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;
(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Augusto Victor Azevedo Hermeto (augustovhazevedo18@gmail.com)

Introdução: O balanço hídrico é uma ferramenta relevante para a avaliação da entrada e saída de água de um sistema, sendo relevante para projetos de gestão hídrica. Aliado a ele, o método de Thiessen é utilizado para calcular a precipitação média de uma área estudada, servindo de base para a compreensão da dinâmica pluviométrica de uma região. A área de estudos compreende o município de Januária, norte de Minas Gerais, com área 6.662 Km². Segundo a classificação de Köppen apresenta clima tropical semiárido com temperaturas altas durante todo o ano e baixa precipitação anual. **Objetivos:** Esse trabalho tem por objetivo fazer a análise do Balanço Hídrico de Thornthwaite & Mather e das médias pluviométricas obtidas pelo método de Thiessen, visando interpretar o comportamento hidrológico na área de estudo e compreender os padrões hidrológicos da região. **Método:** Foram utilizados dados do período de 1 de outubro de 2020 até 1 de outubro de 2025 das estações pluviométricas Várzea Bonita (1545006), Usina de Pandeiros – Montante (1544032) e Riacho da Cruz (1444037), extraídos da plataforma Hidroweb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Já os dados de temperatura foram obtidos da estação Januária (A559) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados pluviométricos foram utilizados para a obtenção da precipitação média da região estudada a partir do método de Thiessen, já os dados de precipitação e temperatura são necessários para a obtenção do balanço hídrico. **Resultados:** Para o balanço hídrico foi encontrada uma precipitação total anual (P) de 843,5 mm, Evapotranspiração Potencial (ETP)= 1246,12 mm, Evapotranspiração Real (ETR)= 723,9 mm, Armazenamento de água no solo acumulado (ARM)= 514 mm, Excedente Hídrico total (EXC)= 119,6 mm, Deficiência Hídrica total (DEF)= 522,2 mm; Observou-se também que o mês de janeiro foi o de maior precipitação (117 mm) e de maior excedente hídrico (61,9 mm), já o mês de setembro apresentou a maior deficiência hídrica (138,2 mm). Esses dados corroboram com os padrões esperados de uma região tropical semiárida, com maiores volumes de chuva de outubro a janeiro e um período de seca estendido de fevereiro a maio. Além disso, ao analisar os dados de déficit e excedente hídrico, observa-se uma saída de água maior que a entrada no sistema, mostrando uma deficiência na disponibilidade de água ao longo do ano. Pelo método de Thiessen aplicado as médias aritméticas mensais do período de cinco anos das estações Várzea Bonita (114,04 mm), Usina de Pandeiros (72,99 mm) e Riacho da Cruz (60,73 mm), obteve-se uma precipitação média ponderada de 85,81 mm para a área de estudo. A distribuição de chuvas é mais heterogênea na área de estudo, a qual ainda apresenta valores baixos de precipitação. **Conclusão:** Conclui-se que o município de Januária possui um cenário de escassez hídrica na maior parte do ano. A aplicação conjunta do balanço hídrico e método de Thiessen ajuda a quantificar o severo déficit de água ao longo do ano e mapear a distribuição heterogênea das chuvas na região. Diante disso, os dados tornam-se indispensáveis para um planejamento hídrico para combater a escassez regional.

Pluviometria; precipitação; Sazonalidade; semiárido;

REFINAMENTO DO MODELO HIDROESTRATIGRÁFICO 3D DO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL UTILIZANDO FERRAMENTAS OPEN-SOURCE DE MODELAMENTO GEOLÓGICO HIERARQUIZADO

*PRESTES, Kamila Viana¹; DE OLIVEIRA, Nathali Lima¹; DIAS, Maurício Maciel¹; MARQUETTO, Luciano¹; ILHA, Lenon Melo²; KUMAIRA, Sissa²; MOREIRA, Cesar Augusto³;
(1) Universidade Federal de Santa Maria - Santa Maria - RS - Brasil; (2) Universidade Federal do Pampa - Caçapava do Sul - RS - Brasil; (3) Universidade Estadual Paulista - Rio Claro - SP - Brasil;*

Kamila

Viana

Prestes

(k4milaviana@gmail.com)

Introdução: A planície costeira do Rio Grande do Sul é altamente vulnerável à mudanças do nível do mar, ao mesmo tempo em que possui uma população crescente e, conseqüentemente, demandas crescentes de água. O gerenciamento adequado do sistema aquífero costeiro é essencial para prevenir efeitos de contaminação, esgotamento e salinização dos aquíferos da região, e o conhecimento geológico é essencial para orientar ações e políticas sustentáveis de uso das águas subterrâneas. Estudos prévios estabeleceram um modelo hidroestratigráfico conceitual com quatro unidades principais (aquíferos livres e confinados, intercalados por aquíferos), e um primeiro modelo 3D foi desenvolvido para a região contemplando essas quatro unidades. No entanto, a alta heterogeneidade dos depósitos sedimentares costeiros, originados por sistemas de laguna-barreira demanda um detalhamento maior da geometria e continuidade dessas unidades e uma compreensão a nível de hidrofacies dentro de cada unidade para uma gestão hídrica mais precisa. **Objetivos:** Melhorar o modelo 3D já desenvolvido, por meio da integração de dados geofísicos de alta resolução e da aplicação de técnicas de modelagem geológica que permitam a discriminação de hidrofacies dentro das unidades hidroestratigráficas já modeladas. **Método:** Aquisição de dados geofísicos de campo nas regiões de estudo empregando dois métodos: (1) Eletroresistividade (tomografia elétrica); e (2) Eletromagnético Transiente (TDEM). Os dados geofísicos obtidos serão integrados a perfis litológicos de poços (SIAGAS) previamente filtrados e analisados e alimentarão o refinamento do modelo hidroestratigráfico 3D. A modelagem será realizada com dois pacotes open-source em Python: GemPy, o pacote originalmente utilizado para gerar o primeiro modelo, e ArchPy, especialmente desenvolvido para aquíferos quaternários, que permite a construção hierarquizada de unidades geológicas, subdividindo unidades maiores em subunidades menores para representar a heterogeneidade do sistema e atribuir propriedades petrofísicas a diferentes fácies. **Resultados:** Este é um trabalho em andamento; até o momento, foram executadas duas campanhas de investigação geofísica (método da eletroresistividade) ao longo da linha de costa entre Imbé e Torres, levantados dados secundários de poços oriundos do SIAGAS, e realizado o tratamento e filtragem desses dados para input no modelo. Espera-se realizar ainda uma terceira campanha de campo para execução de TDEM, seguida do início do modelamento no Archpy. **Conclusão:** Espera-se que a integração dos novos dados geofísicos e o refinamento do modelo resultem em uma representação tridimensional mais detalhada e hierarquizada das unidades hidroestratigráficas (unidades 1 a 4) e de sua relação com o embasamento, com reconhecimento da continuidade lateral e vertical dos aquíferos e aquíferos e suas hidrofacies, reduzindo incertezas sobre a heterogeneidade do sistema.

aquífero costeiro; Geofísica; hidroestratigrafia; Modelagem 3D; Open-source;

ANALISE DE DADOS HIDROGEOLOGICOS, GEOFISICOS E ESTRUTURAIS DA BACIA HIDROGRAFICA DO ARROIO CAVERA, RS

BILHALVA, Bruno Oliveira¹; HANSEN, Marco Antonio Fontoura¹; LIMA, José Pedro Rebés¹; ILHA, Lenon Melo¹; RANGEL, Guilherme De Godoy¹; DA SILVA, Roberto Umemura Xavier¹; DE SOUZA, Willian Vitor Dantas¹;

(1) Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA - Caçapava do Sul - RS - Brasil;

Bruno

Oliveira

Bilhalva

(brunooliveirabilhalva@gmail.com)

A água é um recurso essencial para a manutenção dos ecossistemas e para o desenvolvimento das atividades humanas, entretanto, sua exploração e utilização frequentemente ocorrem de forma inadequada, comprometendo a sustentabilidade e a qualidade dos sistemas hídricos subterrâneos. Torna-se fundamental realizar uma abordagem que avalie os diferentes parâmetros que condicionam os aquíferos. Esta pesquisa objetivou compreender a influência das estruturas primárias e secundárias das rochas sobre o fluxo, a recarga e a produtividade dos aquíferos Botucatu e Serra Geral II, na Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá (BHAC), localizada entre os municípios de Alegrete e Rosário do Sul, (RS). Além de ampliar o conhecimento sobre o comportamento hidrogeológico regional, o estudo buscou aumentar a assertividade na implantação de poços tubulares, destinados à agropecuária e ao abastecimento comunitário e subsidiar políticas públicas de uso sustentável. Devido à extensão territorial da BHAC (1.459 km²), definiu-se uma área-piloto para a condução dos trabalhos, considerando fatores geológicos, estruturais, de acessibilidade e de disponibilidade de dados. A metodologia incluiu a análise de mapas geológicos, dados de 36 poços do SIAGAS, vetores do IBGE, modelos digitais de elevação e imagens de satélite. Foram traçados lineamentos morfoestruturais (escala 1:25.000) e realizado mapeamento geológico de afloramentos via scanlines de 8 metros. A investigação geofísica utilizou métodos de caminhamento elétrico (arranjos Wenner-Schlumberger e dipolo-dipolo) e Sondagem Elétrica Vertical (SEV). Os resultados identificaram 14 lineamentos na área-piloto com direção preferencial NE-SW. As quatro scanlines medidas revelaram tendências estruturais nítidas, as rochas sedimentares direcionam o fluxo das águas subterrâneas para nordeste através dos planos de acamamento, enquanto as rochas vulcânicas favorecem o fluxo na mesma direção por meio de fraturas. As seções geoeletricas permitiram identificar zonas saturadas e até cinco camadas subsuperficiais. Verificou-se uma divergência em relação aos dados preexistentes (mapas e perfis de poços), que indicavam basalto do Grupo Serra Geral sobre arenito da Formação Botucatu, fato não confirmado pela geologia e pelos dados geofísicos, pois verificou-se o recobrimento por arenito intertrápico sobre o basalto. Adicionalmente, constatou-se a implantação inadequada de alguns poços em locais de menor produtividade. Conclui-se que a integração de dados estruturais, geofísicos e hidrogeológicos é uma abordagem eficiente para a identificação de áreas favoráveis à perfuração e para o aprimoramento do conhecimento sobre a dinâmica hidrogeológica regional.

Dinâmica hídrica; Geofísica; Geologia Estrutural; hidrogeologia; recursos hídricos;

SISTEMA ESCALAVEL DE ABATIMENTO DE MASSA POR RECARGA GERENCIADA DE AQUIFEROS (MAR-MASS): EFICIENCIA NA EXTRAÇÃO

*GARCIA TORRES, Mario Alberto¹; SUHOGUSOFF, Alexandra²; FERRARI, Luiz Carlos²;
(1) USP - Florianopolis - SC - Brasil; (2) USP - Sao Paulo - SP - Brasil;*

Mario Alberto Garcia Torres (mario3garcia@gmail.com)

Introdução: A salinização de aquíferos é um desafio crescente para a gestão sustentável dos recursos hídricos globais, afetando regiões costeiras pela intrusão de água do mar e áreas continentais pela dissolução de minerais e exploração excessiva. A qualidade da água subterrânea deteriorou-se em decorrência de atividades humanas como agricultura irrigada e expansão urbana, reduzindo a disponibilidade de água potável. A recarga gerenciada de aquíferos (MAR) surge como estratégia sustentável para restaurar reservas subterrâneas por meio da injeção controlada de água tratada. Os sistemas convencionais de MAR apresentam limitações em aquíferos com gradientes de densidade, alta anisotropia ou baixa condutividade hidráulica, comprometendo a uniformidade do deslocamento de massa. O sistema MAR-MASS (Mass Abatement Scalable System) foi proposto como alternativa modular e Escalável para superar essas restrições, combinando poços de injeção periféricos com extração central e distribuição de vazão diferenciada em profundidade. **Objetivos:** Avaliar a eficácia do MAR-MASS na extração de massa salina de aquíferos contaminados sob distintas condições hidrogeológicas, quantificando a influência da condutividade hidráulica, rendimento específico, anisotropia vertical, dispersão mecânica e difusão molecular no desempenho e no tempo de remediação para atingir a potabilidade da água. **Método:** Foram simulados 6.950 cenários numéricos tridimensionais com fluxo de densidade variável, utilizando MODFLOW 6, SEAWAT 4 e FEFLOW 10, integrados a APIs Python (FloPy e IFM). O domínio representou aquíferos homogêneos com espessuras de 25 a 75 m, condutividade hidráulica de 5 a 100 m/d e concentrações salinas iniciais de 3,5 a 35 kg/m³, com diferentes combinações de rendimento específico, anisotropia e parâmetros de transporte. O MAR-MASS empregou poços de extração centrais com injeção periférica e distribuição parabólica da vazão em profundidade para deslocamento uniforme de massa. As simulações foram processadas em servidor de alto desempenho (HPC/CENAPAD-SP). **Resultados:** O MAR-MASS demonstrou desempenho superior aos sistemas convencionais, reduzindo o tempo de remediação em média 28% e até 51% em casos específicos. Em 88% dos 6.950 cenários, a potabilidade (0,5 kg/m³) foi alcançada em menos de cinco anos; 79% dentro de dois anos. Para concentrações iniciais de 3,5 a 17,5 kg/m³, 92% atingiram potabilidade em até 480 dias. A condutividade hidráulica e o rendimento específico foram os parâmetros mais influentes. A pressão máxima do MAR-MASS (3 a 14 m de coluna de água) foi muito inferior à dos sistemas convencionais (21 a 87 m), confirmando maior viabilidade operacional mesmo em aquíferos de baixa permeabilidade. A dispersão mecânica teve efeito negativo sobre a extração, enquanto difusão molecular e anisotropia vertical apresentaram influência secundária. **Conclusão:** O MAR-MASS constitui solução eficaz, escalável e adaptável para a recuperação de aquíferos salinizados em contextos costeiros e continentais, superando métodos tradicionais quanto ao tempo de remediação, pressão operacional e consumo energético. A integração de modelagem numérica avançada, algoritmos Python e computação de alto desempenho foi essencial para o desenvolvimento e validação do método.

aquíferos salinizados; computação de alto desempenho; modelagem numérica; Python; recarga gerenciada de aquíferos;

MONITORAMENTO E PROJEÇÃO DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ZONAS URBANAS COM USO DE GRACE/GRACE-FO E MODELAGEM CLIMÁTICA MIROC6

GARCIA TORRES, Mario Alberto¹; YASBEK, Julio²; COSTA, Roberto²; DA SILVA, Janaina Aparecida³; ROMÃO, Karla⁴;

(1) Hydrogyc - Florianópolis - SC - Brasil; (2) Hydrogyc - São Paulo - SP - Brasil; (3) ANTEA Brasil - SÃO PAULO - SP - Brasil; (4) ANTEA Brasil - São Paulo - SP - Brasil;

Mario Alberto Garcia Torres (mario3garcia@gmail.com)

Introdução: A segurança hídrica de unidades industriais em contexto de mudanças climáticas exige ferramentas robustas de monitoramento e projeção. A missão satelital GRACE/GRACE-FO detecta variações gravimétricas convertidas em estimativas de armazenamento de água subterrânea (GWS), possibilitando diagnósticos em escala regional sem a necessidade de extensas redes de monitoramento in situ. Integrada ao modelo climático MIROC6 (CMIP6/SSP2-4.5), essa abordagem permite projetar cenários futuros de disponibilidade hídrica com embasamento físico e estatístico rigoroso. Em regiões tropicais e subtropicais brasileiras, onde a variabilidade climática é intensa e os aquíferos respondem a múltiplas forçantes, a combinação dessas tecnologias representa um avanço significativo para a gestão hídrica sustentável no setor industrial. **Objetivos:** Avaliar a disponibilidade e sustentabilidade hídrica subterrânea em oito zonas urbanas distribuídas no Brasil, combinando dados GRACE/GRACE-FO com modelagem climática e balanço hídrico físico, e projetar variações do GWS até 2050 sob o cenário SSP2-4.5, subsidiando estratégias adaptativas de gestão de recursos hídricos. **Método:** A metodologia integrou séries temporais do GRACE/GRACE-FO com dados de reanálise ERA5, precipitação CHIRPS, evapotranspiração GLEAM e variáveis do modelo MIROC6 (precipitação, evapotranspiração, escoamento, umidade do solo e perfil atmosférico). O componente subterrâneo foi isolado por balanço hídrico, removendo contribuições de umidade do solo e água superficial via GLDAS. Aplicou-se correção de viés para compatibilizar a escala global do MIROC6 (1,25°) com a resolução local (0,1°). Modelos de balanço hídrico físico foram calibrados por regressão linear e técnicas de Deep Learning, convertendo forçantes atmosféricas em anomalias de GWS, e validados com correlações de Spearman e métricas de erro (MAE, RMSE). **Resultados:** A maioria das zonas analisadas apresentou tendência de recuperação ou estabilidade até 2050. A Zona A registrou o maior ganho projetado (+24,4 hm³), mas também a maior variabilidade e risco de estresse hídrico por extremos climáticos (rho=0,84; MAE=57,7 mm). A Zona B e Zona C exibiram os menores erros absolutos (MAE de 24 e 13,5 mm), refletindo alta estabilidade sistêmica. A Zona D, E e F apresentaram tendências positivas moderadas, com correlações entre 0,41 e 0,55. A Zona G foi a única unidade com depleção projetada (-0,02 hm³/ano), sinalizando necessidade de atenção à sustentabilidade de longo prazo. A técnica de Deep Learning associada à regressão linear permitiu derivar equações de calibração específicas por zona, traduzindo a complexidade do balanço hídrico em ferramentas analíticas operacionais. **Conclusão:** A integração de dados satelitais GRACE/GRACE-FO com modelagem climática MIROC6 e Deep Learning mostrou-se eficaz para o monitoramento e planejamento hídrico urbano em escala regional. Os resultados subsidiam a implementação de estratégias adaptativas, uso sustentável dos aquíferos e protocolos de alerta por limiares críticos, contribuindo para a resiliência operacional e a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

armazenamento de água subterrânea; Deep Learning; GRACE/GRACE-FO; modelagem climática; segurança hídrica;

RESULTADOS HIDROMETRICOS OBTIDOS PELO METODO DE DILUIÇÃO COMO SUBSIDIO A AVALIAÇÃO HIDRODINAMICA RIO-AQUIFERO EM CURSO D'AGUA NATURAL COM LEITO IRREGULAR

SILVA, Thiago Bonis¹; RAMOS, Maria Luiza Silva²; SCUDINO, Paulo Cyro¹; FARIA, Dayane Ferreira¹; CANTARUTTI, Carlos Celestino¹; TRINDADE, Ana Caroline Cambraia³;
(1) Watergeo Solutions - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) Vale - Belo Horizonte - MG - Brasil; (3) Vale - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Thiago Bonis Silva (thiago.silva@watergeosolutions.com.br)

Introdução: a quantificação de vazão em cursos d'água naturais com leito rochoso irregular e restrições operacionais de acesso representa um desafio recorrente em estudos hidrogeológicos aplicados à avaliação da interação rio-aquífero. Neste cenário, métodos convencionais, como molinete ou instrumentos fixos de monitoramento de vazão, frequentemente apresentam limitações operacionais e baixa confiabilidade. O método de diluição por traçador salino destaca-se como alternativa viável, especialmente em drenagens de alta turbulência, presença de blocos e seções transversais complexas. Objetivos: confiabilidade de resultados hidrométricos em curso d'água natural com leito rochoso irregular e localizado em área de difícil acesso, para avaliação do comportamento hidrodinâmico rio-aquífero, com emprego do método de diluição por lançamento instantâneo de NaCl, para determinação da variação do seu fluxo de base. Método: medições fluviométricas sistematicamente realizadas em 2 campanhas nos períodos de estiagem de anos hidrológicos consecutivos, sob fluxo de base pouco influenciado pelo runoff, em trechos representativos do canal principal da drenagem, e comparação quantitativa de vazão entre segmentos fluviais hidráulicamente distintos. Procedeu-se o lançamento instantâneo no curso d'água, de massa conhecida de NaCl, dissolvida na água deste próprio curso, e medições contínuas da condutividade elétrica a jusante do lançamento, em intervalos de 5 segundos, até a recuperação do valor da sua condutividade original. Para cada seção hidrométrica, realizada a calibração in loco, em correlação entre a concentração salina e condutividade elétrica, obtida a partir de adições sucessivas de solução-padrão em amostra local. O cálculo da vazão, computado mediante integração da curva de passagem do traçador, considerada a massa de lançamento, a área sob a curva de condutividade corrigida pelo background natural e o coeficiente angular obtido na calibração. Resultados: os resultados demonstram a adequada aplicabilidade do método em condições de leito muito irregular, com presença de blocos, quedas d'água e elevada turbulência, além de restrições de acesso, onde métodos hidrométricos convencionais se mostram impraticáveis ou pouco confiáveis. Observou-se boa consistência entre as campanhas realizadas, com incrementos generalizados das vazões na segunda campanha, compatível com condições hidrogeológicas de maior recarga. As vazões de base obtidas, de montante para jusante entre os trechos fluviométricos, evidenciaram respostas distintas, com segmentos apresentando manutenção ou incremento de vazão, bem como trechos com decréscimo relativo, indicando relações de conectividade hidráulica diferenciadas entre o curso d'água e os aquíferos subjacentes. Tais comportamentos são coerentes com o modelo hidrogeológico conceitual previamente estabelecido para área de estudo, reforçando a confiabilidade da metodologia de monitoramento empregada. Conclusão: o método de diluição com NaCl por lançamento instantâneo apresentou boa eficiência, sensibilidade e confiabilidade para medições de vazão em cursos d'água naturais de difícil instrumentação. Permitiu identificar variações espaciais de vazão de base e inferir zonas potenciais de ganho e perda de água ao longo do canal, constituindo ferramenta de grande aplicabilidade em estudos hidrogeológicos voltados à avaliação da interação rio-aquífero, ao suporte de modelos conceituais de fluxo subterrâneo. interação rio-aquífero; método de diluição; modelo hidrogeológico conceitual; monitoramento de vazão;

MODELAGEM HIDROGEOLOGICA COMO FERRAMENTA DE APOIO A GESTAO DE AQUIFEROS ALUVIAIS NO SEMIARIDO

ALVES, Rafaela da Silva¹; LINHARES, Samiramisthaís Souza²;
(1) FUNCEME - Fortaleza - CE - Brasil; (2) Funceme - Fortaleza - CE - Brasil;

Rafaela da Silva Alves (rafaela.alves@funceme.br)

Os aquíferos aluviais constituem reservas estratégicas de água subterrânea em regiões semiáridas, garantindo o abastecimento humano, a dessedentação animal e o desenvolvimento de atividades produtivas, especialmente durante períodos de seca prolongada. Entretanto, a gestão desses sistemas apresenta elevada complexidade devido à limitada disponibilidade de informações sobre sua geometria, parâmetros hidrodinâmicos, direção do fluxo subterrâneo, que, conseqüentemente, dificulta a estimativa da disponibilidade hídrica e o planejamento sustentável da exploração. Nesse contexto, elaborar modelos conceituais e numéricos que subsidiem a gestão, permitindo integrar informações geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas para simular o comportamento dos aquíferos e apoiar a tomada de decisão, constituem importantes ferramentas de conhecimento dos reservatórios subterrâneos. O presente trabalho tem como objetivo apresentar os modelos conceitual e numérico de um aquífero aluvial localizado no semiárido cearense, utilizando como área piloto o aquífero aluvial do Rio Jaguaribe, localizado no município de Iguatu (CE). O modelo conceitual foi elaborado a partir da integração de dados estratigráficos, sondagens elétricas verticais, testes de bombeamento, monitoramento do nível d'água e informações geológicas provenientes do estudo qualiquantitativo executado pela COGERH em 2024. O aquífero possui espessura média de 9,7 m e o nível estático médio é de 4,65 m. Quanto aos parâmetros hidrodinâmicos, a transmissividade média é da ordem de $3,45 \times 10^{-2}$ m²/dia, a condutividade hidráulica média da ordem de $5,52 \times 10$ m/dia e a porosidade efetiva média foi estimada em 19,56%. Com base nesse estudo foi desenvolvido um modelo numérico do tipo estacionário. Os resultados permitiram caracterizar a geometria do aquífero e consolidar suas principais propriedades hidrogeológicas, evidenciando sua natureza granular, condição de aquífero do tipo livre e regiões com elevada condutividade hidráulica. O modelo numérico reproduziu satisfatoriamente a distribuição espacial das cargas hidráulicas, constituindo uma base para futuras simulações em regime transiente e para a avaliação de cenários de recarga em períodos secos e aumento da demanda por águas subterrâneas. A modelagem numérica de aquíferos possibilita compreender o funcionamento hidrogeológico (entradas e saídas de água, bem como direção do fluxo subterrâneo), contribui para o planejamento de ações e subsidia a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, sobretudo em momentos desafiadores impostos pela variabilidade climática e pelos eventos recorrentes de seca.

aluvião; gestão de recursos hídricos; MODFLOW; semiárido;

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ARC-JURUBATUBA: TRANSFORMAÇÃO DO USO DO SOLO E AMPLIAÇÃO DO CONHECIMENTO SOBRE ÁREAS CONTAMINADAS

FILHO, José Luiz Albuquerque¹; MARETTI, Elidiana Pereira²; ARAUJO, Marcela Maciel¹; L'APICCIRELLA, Emanuel³; HARD, ANA CECÍLIA⁴; NICOLAU, Marcele Marla⁴; OLIVEIRA, Thaiz Lima⁴; LUCENA, Larissa Lima³; SANTOS, Valburg Sousa⁵; CAMPOS, José Eduardo⁶; ALBERTO, Marcio Costa⁷; BERNARDO, Hemily Julia Barros⁴;

(1) Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT - São Paulo - SP - Brasil; (2) Lasermex Geologia e Meio Ambiente - São Paulo - SP - Brasil; (3) Biotita Hidrogeologia e Meio Ambiente - São Paulo - SP - Brasil; (4) Fundação de apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas - FIPT - São Paulo - SP - Brasil; (5) Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FABHAT) - São Paulo - SP - Brasil; (6) SP-Águas - São Paulo - SP - Brasil; (7) Geoinovações - São Paulo - SP - Brasil;

Elidiana Pereira Maretti (emaretti@ipt.br)

Introdução A Área de Restrição e Controle para Captação e Uso das Águas Subterrâneas de Jurubatuba (ARC-Jurubatuba), representa um dos principais instrumentos de gestão das águas subterrâneas em áreas urbanas contaminadas no Brasil. Sua criação foi motivada pela identificação de contaminação por compostos organoclorados associada a ocupação industrial da zona sul do município de São Paulo. O avanço das investigações ambientais e as transformações urbanas modificaram significativamente o entendimento sobre a extensão da contaminação e sobre a necessidade de atualização das estratégias de gestão. **Objetivos** Apresentar a evolução histórica da ARC-Jurubatuba, destacando os principais marcos institucionais e técnicos, a transformação do uso e ocupação do solo e a evolução do conhecimento sobre áreas contaminadas. **Método** O estudo baseou-se nos resultados do empreendimento Fehidro 2021-AT-COB-136 “Estudos Hidrogeológicos na Região de Jurubatuba” (IPT,2025), complementados por análise integrada da evolução do uso do solo, do cadastro de áreas contaminadas e das medidas de gestão implementadas. **Resultados** A evolução da ARC-Jurubatuba pode ser compreendida por meio de sucessivos marcos históricos. Em 2001, a autodenúncia da empresa Gillette revelou a presença de solventes organoclorados no solo e na água, iniciando as investigações ambientais. Entre 2002 e 2003, verificou-se que a contaminação atingia o Sistema Aquífero Cristalino. Em 2004, a COVISA interditou os poços contaminados e estabeleceu monitoramento das captações existentes. Em 2005, a CETESB constatou que a contaminação possuía múltiplas fontes, exigindo investigações detalhadas. No mesmo ano a Portaria DAEE nº 1.594/2005 instituiu a ARC Temporária de Jurubatuba como medida preventiva para proteção do aquífero. O estudo Daee/Servmar (2008) consolidou o primeiro diagnóstico regional, identificando 84 áreas contaminadas. Entre essas, 14 apresentavam contaminação por compostos organoclorados considerados responsáveis pelo passivo regional. Com a consolidação do conhecimento técnico, a ARC foi efetivamente instituída pelo CBH- Alto Tietê em 2011(CBH-AT,2011). Paralelamente, ocorreu transformação do uso e ocupação do solo. Regiões antes predominantemente industriais passaram por processo de desindustrialização e ocupação residencial, reduzindo a participação das áreas industriais de aproximadamente 80% no início dos anos 2000 para cerca de 25% em 2025. Em 2025, foram identificadas 104 áreas contaminadas ou reabilitadas relacionadas à problemática regional. **Conclusões** A história da ARC-Jurubatuba demonstra que o avanço do conhecimento técnico ocorreu de forma paralela às transformações do território. A ampliação das investigações permitiu passar da identificação inicial de uma única fonte de contaminação para o reconhecimento de um passivo ambiental regional complexo, enquanto a substituição progressiva do uso industrial pelo residencial aumentou a importância da proteção das águas subterrâneas para a população. A evolução do cadastro de áreas contaminadas, associada à revisão do perímetro e das estratégias de restrição, evidencia que a gestão da ARC deve permanecer dinâmica e adaptativa, acompanhando continuamente as mudanças no uso do solo e o desenvolvimento do conhecimento hidrogeológico. águas subterrâneas; ARC-Jurubatuba; áreas contaminadas; uso e ocupação do solo;

POTENCIAL HIDRICO SUBTERRANEO DO COMPLEXO MARIANA, QUADRILATERO FERRIFERO-MG

SILVA, Thiago Bonis¹; RAMOS, Maria Luiza Silva²; GROU, José Venâncio¹; SCUDINO, Paulo Cyro¹; TRINDADE, Ana Caroline Cambraia²;

(1) Watergeo Solutions - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) Vale - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Thiago Bonis Silva (thiago.silva@watergeosolutions.com.br)

Introdução: O mapeamento hidrogeológico da região do Complexo Mariana, com uma área de 690 km² situada na borda leste do Quadrilátero Ferrífero, compreendeu o emprego integrado de critérios técnicos de cartografia hidrogeológica, tendo como produto a caracterização, ocorrência e distribuição dos domínios aquíferos mapeados em escala 1:150.000, e à escala 1:30.000, o zoneamento de áreas de potencial hidrogeológico promissor, favoráveis à captação de água subterrânea. **Objetivos:** Mapeamento hidrogeológico georreferenciado, com zoneamento do potencial hídrico subterrâneo e indicação de áreas-alvo para locação de poços, com intuito de sistematizar informações georreferenciadas de quantificação de sua produção, e subsidiar o planejamento das atividades minerárias, em curto, médio e longo prazos. **Método:** Compilação e sistematização integrada de dados e geoprocessamento de informações geológico-estruturais e lito estratigráficas, modelos geológicos, bases topográficas, drenagem, uso e ocupação da terra, unidades de conservação, cavidades naturais, estruturas operacionais e informações de outorga, em correlação com os domínios aquíferos identificados conforme respectiva tipologia e comportamento hidrodinâmico, parâmetros hidráulicos e produtividade, lineamentos morfoestruturais, zonas de descarga, restrições ambientais e antrópicas, resultando em modelo cartográfico integrado de mapeamento do potencial hídrico subterrâneo e identificação de áreas-alvo para perfuração de poços. **Resultados:** Identificados cinco domínios aquíferos: (i) Aquífero Cauê, de alto a muito alto potencial hidrogeológico e expectativa de produção geralmente entre 50 e 150 m³/h; (ii) Aquíferos associados à Formação Córrego do Germano e aos sistemas itabirítico e dolomítico Gandarela, de médio potencial, com vazões entre 20 e 50 m³/h; (iii) Aquíferos Quartzíticos de baixo a médio potencial, entre 10 e 30 m³/h; (iv) Aquífero Granito-Gnáissico de baixo potencial, entre 10 e 20 m³/h, e (v) Aquíferos de Coberturas Cenozoicas e Metapelíticos, de muito baixo potencial, com expectativa inferior a 10 m³/h. A fotointerpretação hidrogeológica contou com emprego de imagens convencionais e de satélite, mediante análise morfoestrutural e identificação de lineamentos de fraturas, zonas naturais de recarga e descarga e áreas de maior conectividade hidráulica, enquanto as restrições levaram à exclusão das áreas de cavidades, unidades de conservação, uso e ocupação, e estruturas operacionais. Foram locadas 176 áreas-alvo georreferenciadas e priorizadas conforme favorabilidade hidrogeológica e expectativa de produção de água. **Conclusão:** O modelo cartográfico empregado constitui-se ferramenta útil para o planejamento dos empreendimentos minerários do Complexo Mariana e a otimização da exploração de água subterrânea, com a priorização de áreas de maior favorabilidade. A abordagem integrada reduz incertezas associadas à heterogeneidade e anisotropia dos aquíferos, orienta investimentos em perfuração de poços e favorece a exploração sustentável dos aquíferos. Pertinente ressaltar que a definição final das locações seja precedida por estudos de detalhe de reconhecimento in loco, investigações geofísicas complementares e projetos construtivos específicos. Geoprocessamento; hidrogeologia; Mapeamento Hidrogeológico; Potencial Hídrico Subterrâneo;

ANALISE DE AREAS OCUPADAS POR CEMITERIOS COM O USO DE DADOS HIDROGEOLOGICOS E APLICACAO DA METODOLOGIA GOD NA CIDADE SANTA MARIA - RS

*PREIGSCHADT FILHO, Alfredo Reinaldo¹; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha¹; MUNIZ, Gabriel Gomes¹; DA SILVA, Renatha Rehbein²; FACCO, Douglas Stefanello³;
(1) Universidade Federal de Santa Maria - UFSM - SANTA MARIA - RS - Brasil; (2) Universidade Federal de Santa Maria - UFSM - Santa Maria - RS - Brasil; (3) Universidade Federal do ABC - UFABC - São Paulo - SP - Brasil;*

Pedro Daniel da Cunha Kemerich (pedro.kemerich@ufsm.br)

Introdução: Cemitérios representam fontes potenciais de contaminação pontual dos aquíferos devido à liberação de necrochorume, efluente rico em microrganismos patogênicos, matéria orgânica e elementos potencialmente tóxicos (BAUM et al., 2022). Em áreas urbanas onde o uso de poços tubulares é recorrente para o abastecimento, o mapeamento do risco hidrogeológico e a compreensão da dinâmica das águas subterrâneas tornam-se ferramentas cruciais para a gestão ambiental e a salvaguarda da saúde pública (KEMERICH et al., 2010). **Objetivos:** Avaliar a vulnerabilidade intrínseca à contaminação de aquíferos e determinar os vetores e direções do fluxo hidráulico subterrâneo no entorno de necrópoles localizadas no município de Santa Maria - RS. **Método:** A metodologia consistiu no levantamento e consistência de dados georreferenciados de poços nas bases de dados do SIAGAS (SGB/CPRM) e SIOUT-RS (NASCIMENTO et al., 2008). A carga hidráulica de cada captação foi obtida pela diferença entre a cota do terreno e o nível estático. Posteriormente, realizou-se a determinação da superfície potenciométrica e a espacialização com base nas isolinhas potenciométricas via interpolação por Ponderação pelo Inverso da Distância - IDW (VARGAS et al., 2018; HERNANDEZ et al., 2020). A vulnerabilidade foi calculada pelo Método GOD no QGIS, integrando o grau de confinamento do aquífero (G), a litologia da zona não saturada (O) cruzada com dados pedológicos oficiais, e a profundidade do lençol freático (D) também interpolada por IDW (BATISTA et al., 2017). **Resultados:** A modelagem hidrodinâmica revelou gradientes hidráulicos acentuados na malha urbana, direcionando o fluxo subterrâneo de zonas de recarga elevadas (cargas de até +366 m) para cones de depressão locais induzidos pelo bombeamento contínuo de poços, onde foram mapeadas cargas hidráulicas críticas de até -64 metros abaixo do nível do mar. O mapa do nível estático registrou profundidades d'água variando de 2,21 m (zonas de perigo imediato) a 71,82 m. A análise espacial indicou que a maior parte das necrópoles urbanas está assentada sobre o Membro Passo das Tropas (arenitos médios a grossos; nota O=0,75) e Formação Caturrita (nota O=0,65), associados a Neossolos Litólicos Chernossólicos (perfil raso) ou Argissolos Vermelhos Alumínicos (horizonte argiloso atenuador). O Índice GOD final variou de 0,3 a 0,8, classificando o perímetro em vulnerabilidade Média a Alta (BATISTA et al., 2017). O ponto crítico máximo (GOD = 0,8) foi identificado na porção leste, associado a condições de aquífero livre, depósitos aluviais permeáveis e lençol freático raso, com múltiplos poços ativos situados a jusante hidráulica imediata dessas fontes. **Conclusão:** A integração de dados multifontes em ambiente SIG mostrou-se eficaz para identificar cenários de perigo à saúde humana em áreas de alta vulnerabilidade, servindo como subsídio técnico essencial para o planejamento urbano, proteção de mananciais e direcionamento de redes de monitoramento sanitário. Fluxo hidráulico; Geoprocessamento; Necrochorume; Superfície Potenciométrica;

ESTUDO DOS PARAMETROS HIDRODINAMICOS DO SISTEMA AQUIFERO PARECIS - REGIAO DE VERA/MT

*ARAÚJO, Juliana Freitas¹; SILVA, Ana Caroline Soares Christovão¹; REDES, Letícia Alexandre¹; SAITO, Victoria Midori Silva¹; RAIOL, Aline Noronha¹; TAVARES, Carla Coblinski¹; RODRIGUES, Alexandre Carreira¹; SILVA, Talita Menezes Gomes¹; COMELLI, Cleciani¹;
(1) SEMA-MT - Cuiabá - MT - Brasil;*

Juliana Freitas Araújo (julianaaraujo@sema.mt.gov.br)

Introdução: Os poços tubulares deste estudo localizam-se no município de Vera, porção centro-norte de Mato Grosso, cujo principal reservatório de águas subterrâneas se encontra armazenado no Sistema Aquífero Parecis (SAP), composto pelos aquíferos Utiariti e Salto das Nuvens (Silva, 2013). A área de estudo abrange uma das mais importantes regiões de agronegócio do estado, inserida na Unidade de Planejamento e Gestão UPG A-11, que concentra metade das outorgas de irrigação de MT. **Objetivos:** Realizar a caracterização hidrogeológica do SAP na região de Vera – MT através de testes de aquífero realizados em poços de captação de água subterrânea de projetos de irrigação >30ha, e estimar os raios de influência de cada projeto quando os poços operam individualmente em conjunto, gerando rebaixamentos regionais. **Método:** Os dois projetos de irrigação são parte do acervo processual do SIGA Hídrico, neles constam 09 testes de aquíferos de 48 horas cada, realizados pelos responsáveis técnicos dos respectivos empreendimentos como requisito do processo de outorga de água subterrânea junto à SEMA-MT. Os dados brutos desses ensaios foram retrabalhados através do software AquiferTest 14.0, utilizando o método de Boulton (1963), a fim de extrair os valores de Transmissividade (T), Rendimento específico (Sy), Coeficiente de Drenança Retardada (PHI) e a razão entre Rendimento específico e Coeficiente de Armazenamento (Sy/S) de cada poço. Os parâmetros de cada projeto foram usados na estimativa dos raios de influência (RI) da operação individual e conjunta dos poços, com espacialização vetorial realizada no software QGIS. Os RI foram estimados para 19h de operação com rebaixamento mínimo de 0,01m. **Resultados:** Projeto 01 – coordenadas 12°31'19.24"S e 55°27'14.79"O apresentou valores de T variando de 22,6 m²/h (AG-07) a 37,9 m²/h (AG-09), Sy variando de 0,0329 (AG-09) a 0,0660 (AG-06), PHI variando de 0,00117 (AG-09) a 0,00310 (AG-06), e Sy/S variando de 22,0 (AG-08) a 31,3 (AG-09). Médias (AG-05, AG-06, AG-07, AG-08 e AG-09): T 28,3 m²/h, Sy 0,0520, PHI 0,00259, Sy/S 25,0. Os RI variaram de 1.577 m (AG-06) a 2.872 m (AG-09) e a operação conjunta dos poços simulada gerou um RI de 2.325m. Projeto 02 – coordenadas 12° 28' 50,18" S e 55° 27' 51,96" O apresentou valores de T variando de 64,2 m²/h (HG-08) a 122,0 m²/h (HG-02), Sy variando de 0,00393 (HG-02) a 0,00631 (HG-01), PHI variando de 0,367 (HG-03) a 3,000 (HG-08), Sy/S variando de 86,9 (HG-02) a 188,0 (HG-08). Médias (HG-01, HG-02, HG-03 e HG-04): T 84,45 m²/h, Sy 0,00551, PHI 1,934, Sy/S 118,3. Os RI variaram de 1.156 m (HG-02) a 2.065 m (HG-03), e a operação conjunta dos poços simulada gerou um RI de 2.840 m. **Conclusão:** Na região deste estudo o SAP é homogêneo e não confinado (meio poroso). Os resultados obtidos confirmam sua boa transmissividade e que há um grande volume drenável. Os RI gerados com rebaixamento total (operação conjunta dos poços) se expandem para grandes áreas nos projetos. Outros projetos de irrigação captam águas subterrâneas nas adjacências, além da alta concentração espacial deste perfil de usuários na UPG A-11, esta metodologia de avaliação integrada mostra-se indispensável no refino das estimativas de reservas aquíferas locais, além de ajudar a prever ou mitigar conflitos entre usuários com a avaliação da sobreposição espacial dos raios de influência, e dos riscos do super rebaixamento entre os poços.

hidrogeologia; Parâmetros Hidrodinâmicos; Sistema Aquífero Parecis;

DATAÇÃO DE AGUAS SUBTERRANEAS BASEADA EM ^{14}C -AMS PARA O AVANÇO DE MODELOS CONCEITUAIS HIDROGEOLOGICOS: COM INSIGHTS MULTI-PROXY APLICADOS AO SISTEMA AQUIFERO MARIZAL/SAO SEBASTIAO (BAHIA-BR)

GUSMÃO, CLÁUDIA ELVIRA¹; CARVALHO, Carla Regina Alves²; MOREIRA, Vinicius Nunes²; KLIPPEL, Felipe Respeita da Motta³; SILVA, Camila Rodrigues e³;

(1) Universidade Federal Fluminense (UFF) - Niterói - RJ - Brasil; (2) Laboratório de Radiocarbono LAC da Universidade Federal Fluminense (UFF) - Niterói - RJ - Brasil; (3) Universidade Federal Fluminense - Niterói - RJ - Brasil;

CLÁUDIA ELVIRA GUSMÃO (claudiagusmao77@hotmail.com)

Introdução: A datação por radiocarbono (^{14}C -AMS) é uma técnica cronológica robusta, amplamente utilizado para estimar a idade e o tempo de residência da água subterrânea em sistemas aquíferos complexos. Este estudo aplica uma abordagem hidrogeoquímica multi-proxy para apoiar as análises de ^{14}C -AMS no Sistema Aquífero Marizal/São Sebastião (Bahia, Brasil), visando aprimorar os Modelos Conceituais Hidrogeológicos (MCHs) em escala regional e os Modelos Conceituais de Áreas (MCAs) para investigações locais. Para otimizar essas análises de alto custo, uma triagem hidroquímica preliminar baseada em íons principais e na interpretação do diagrama de Piper foi utilizada para identificar águas ricas em bicarbonato (HCO_3^-), indicativas de carbono inorgânico dissolvido (DIC), um requisito fundamental para a datação confiável por ^{14}C . Objetivos: A abordagem hidrogeoquímica multi-proxy, além de apoiar as análises de ^{14}C -AMS, promove a redução do desenho amostral minimizando os custos nos projetos. Método: A integração de dados geológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos, isotópicos e de radiocarbono permitiu a estimativa do tempo de residência da água subterrânea e a identificação de caminhos de fluxo e processos de recarga. Esses resultados apoiam o desenvolvimento de modelos conceituais, destacando a importância do ^{14}C -AMS como traçador e uma ferramenta fundamental na hidrogeologia moderna. Além disso, o estudo estabelece uma estrutura metodológica para otimizar a seleção de amostras e aumentar a confiabilidade da datação de águas subterrâneas, contribuindo para os cálculos do tempo de residência e para a gestão sustentável das águas subterrâneas em sistemas aquíferos complexos. Resultados: Sete amostras representativas foram selecionadas de um total de 41 pontos de amostragem. A quantificação de DIC foi realizada utilizando o método de Headspace Acidificado (AHS), e análises de $\delta^{13}\text{C}$ foram aplicadas para corrigir o fracionamento isotópico e os efeitos do carbono morto. As idades de radiocarbono variaram de 306 a 11.231 anos, revelando um sistema aquífero estratificado e compartimentado com distintos níveis hidroestratigráficos. Correlações estatísticas entre profundidade, assinaturas de $\delta^{13}\text{C}$ e idades de ^{14}C indicaram relações consistentes em sistemas de fluxo profundo.

hidrogeologia; Hidrogeoquímica Multi-proxy; Modelos Conceituais Hidrogeológicos (MCHs); Radiocarbono; Tempo de Residência;

CONTRIBUIÇÕES DO SIAGAS PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO HIDROGEOLÓGICO

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior¹; CAJAZEIRAS, Claudio Cesar de Aguiar¹; FREDDO FILHO, Valmor José²; SENHORINHO, Eliel Martins³;

(1) SGB/CPRM - Fortaleza - CE - Brasil; (2) SGB/CPRM - Rio de Janeiro - RJ - Brasil; (3) SGB/CPRM - Porto Alegre - RS - Brasil;

Mickaelon Belchior Vasconcelos (mickaelon.vasconcelos@sgb.gov.br)

O Serviço Geológico do Brasil (SGB) gerencia, desde o ano de 1996, o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), plataforma que visa o armazenamento e a estruturação de dados sobre poços em todo o território nacional. O SIAGAS desempenha um papel essencial no suporte a projetos hidrogeológicos e na fundamentação de estudos técnicos destacando-se também pelas ações de capacitação técnica junto a órgãos governamentais. No âmbito institucional, as entregas do sistema alinham-se ao conceito de "conhecimento aplicado", que representa uma das etapas da gestão do conhecimento, no caso, armazenamento de dados. Estrutura-se fundamentalmente em quatro fases interdependentes: aquisição, armazenamento, distribuição e utilização do conhecimento. Este trabalho apresenta as contribuições do SIAGAS para o fortalecimento da gestão do conhecimento hidrogeológico no Brasil a partir de coleta de dados institucionais e acadêmicos existentes sobre o tema, sob a ótica da ciência da gestão do conhecimento. A etapa inicial de aquisição de dados sobre poços de captação de águas subterrâneas frequentemente enfrenta o desafio da escassez ou ausência de registros técnicos formais destas obras no país. Estabelecendo um paralelo direto com os pilares da Gestão do Conhecimento, as principais frentes de atuação do SIAGAS podem ser classificadas da seguinte forma: • Aquisição de dados: Compreende o esforço contínuo de busca, coleta e obtenção de novos dados cadastrais como relatórios técnicos de poços para atualização da base nacional. • Organização e Armazenamento de dados: Refere-se à manutenção, segurança e integridade do banco de dados, garantindo a facilidade de acesso às consultas públicas. • Compartilhamento (Distribuição): Engloba as atividades de transferência de tecnologia e conhecimento prático por meio do treinamento de profissionais de instituições parceiras, além do livre acesso universal aos dados por qualquer indivíduo com conexão de internet. Aplicação Prática (Utilização): Envolve o uso dos dados consolidados para a geração de novos produtos, tais como a confecção de mapas hidrogeológicos, modelagens conceituais e estudos analíticos sobre a qualidade e a disponibilidade das águas subterrâneas. O SIAGAS consolida-se como uma ferramenta estratégica e indispensável para a construção e a disseminação do conhecimento hidrogeológico no país. Evidencia-se que a atuação do corpo técnico do SGB expande o valor do dado bruto, gerando oportunidades reais de capacitação e compartilhamento de saberes, o que potencializa a gestão sustentável dos recursos hídricos e o planejamento ambiental. águas subterrâneas; banco de dados; conhecimento aplicado; gestão do conhecimento; SIAGAS;

RECARGA DO AQUIFERO ALUVIAL EM BACIA EXPERIMENTAL NO SEMIARIDO BRASILEIRO

LINHARES, Samiramisthais Souza¹; ALVES, Rafaela da Silva¹;

(1) Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Fortaleza - CE - Brasil;

Samiramisthais Souza Linhares (samira.linhares@funceme.br)

Este trabalho apresenta a estimativa da recarga do aquífero aluvial nas Bacias do Riacho Forquilha e Algodão, situadas no semiárido cearense, a partir do monitoramento do nível freático em poços e cacimbões no período de 2011 a 2022. A metodologia adotada baseou-se no método Water Table Fluctuation (WTF), amplamente utilizado para estimar a recarga subterrânea a partir da variação sazonal do nível d'água e do coeficiente de armazenamento específico (S). A série histórica analisada permitiu aplicar a Equação $R = dh \times S$, onde dh representa a diferença entre os níveis máximo e mínimo de água subterrânea em cada ano hidrológico. Inicialmente, adotou-se o valor de $S = 3 \times 10^{-4}$, recomendado por Burte (2008) para aquíferos semiconfinados, compatível com as características do sistema aluvial da região. A recarga foi estimada individualmente para cada ponto de monitoramento, sendo posteriormente analisadas as distribuições espaciais e temporais, além de médias, medianas e desvios. Em seguida, para efeito comparativo, foi utilizada também uma porosidade efetiva média de 10% ($pe = 0,10$), apropriada para aquíferos livres, o que resultou em valores significativamente mais elevados de recarga. Os resultados indicaram que a recarga tende a aumentar no sentido montante-jusante, com destaque para os poços PA13 a PA15, localizados na Bacia do Algodão, onde os maiores valores foram registrados, evidenciando sua dinâmica hidrológica diferenciada. O ano de 2016 apresentou os menores índices de recarga em grande parte dos pontos analisados, possivelmente refletindo condições climáticas adversas naquele período. Adicionalmente, foi avaliada a correlação entre os dados de recarga e os perfis de solo da região, identificando a predominância de neossolos flúvicos na área de estudo, embora a escassez de perfis no interior da bacia tenha limitado essa análise. A espacialização dos dados foi realizada por interpolação em ambiente SIG (QGIS 3.16), resultando em mapas anuais de recarga e mapas de médias e medianas do período analisado. A comparação entre as abordagens com S e pe evidenciou que a escolha do parâmetro hidrogeológico exerce forte influência na estimativa final, podendo superestimar a disponibilidade hídrica se parâmetros inadequados forem utilizados. Conclui-se que a estimativa da recarga com base no método WTF é uma ferramenta eficaz para o monitoramento e a gestão de recursos hídricos subterrâneos em ambientes aluviais do semiárido. Recomenda-se, no entanto, a utilização de parâmetros mais conservadores, como o armazenamento específico, para garantir maior confiabilidade nos resultados e evitar superdimensionamento dos recursos disponíveis. Estudos futuros devem considerar a integração com dados pluviométricos e ampliar o monitoramento de solos e poços para melhor representação espacial e temporal da recarga nas bacias em estudo.

; aluvião; semiárido; Water Table Fluctuation;

MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEITUAL ROBUSTO COMO BASE PARA COMPREENSAO DOS MECANISMOS DE FLUXO SUBTERRANEO E TOMADA DE DECISAO EM ESTRUTURAS GEOTECNICAS

*BARCELOS, Marcela Barbosa¹; BERTACHINI, Mauricio¹; BERTACHINI, Daniel¹; GAMA, Felipe Abbas¹; KELMER, Luiza Rocha²; TAKANO, Erika Cardoso²; AMORIM, Daniela²; BARROS, Egídio Mazza²;
(1) MDGEO - BELO HORIZONTE - MG - Brasil; (2) ANGLOAMERICAN - BELO HORIZONTE - MG - Brasil;*

Marcela Barbosa Barcelos (marcela.barcelos@mdgeo.com.br)

Introdução: A construção de modelos hidrogeológicos conceituais robustos é essencial para compreender mecanismos de fluxo subterrâneo em fundações heterogêneas e estruturalmente condicionadas, nas quais a circulação da água pode divergir dos padrões gravitacionais convencionais. Em sistemas com aquíferos profundos pressurizados, a presença de água no maciço pode decorrer de fluxo ascendente e de conexões hidráulicas verticais, e não apenas de infiltração superficial ou de contribuição direta de corpos hídricos associados à estrutura. **Objetivos:** O estudo visa investigar os mecanismos de fluxo subterrâneo atuantes em uma fundação geologicamente complexa, avaliar a hipótese de fluxo ascendente proveniente de aquífero profundo pressurizado e demonstrar a importância da integração de múltiplas evidências hidrogeológicas para construção de um modelo conceitual robusto que subsidie a definição de mecanismos de fluxo e de condições de contorno para modelagem numérica. **Método:** Foram integrados modelo geológico tridimensional, dados potenciométricos, investigações geofísicas, ensaios hidráulicos, análises hidroquímicas, traçadores isotópicos, monitoramento do reservatório, histórico operacional de poços e análise temporal do monitoramento piezométrico da fundação e do aterro. A fundação é composta por sistema metassedimentar condicionado por zona de empurrão, com intercalações de filitos de baixa condutividade hidráulica quando pouco fraturados e zonas fraturadas de brecha que podem favorecer fluxos preferenciais, sobrejacentes a uma unidade aquífera ferrífera profunda sob condição pressurizada. Também foram avaliados poços de bombeamento com múltiplos intervalos filtrantes, os quais podem favorecer o aumento da conectividade hidráulica vertical. **Resultados:** A integração das evidências sustentou a hipótese de que a água subterrânea presente no aterro da estrutura é alimentada predominantemente por fluxo ascendente proveniente do aquífero profundo pressurizado presente na fundação, e não pelo reservatório superficial. A potencimetria demonstrou correspondência entre os níveis monitorados nos instrumentos instalados na fundação e no aterro, indicando continuidade hidráulica, além de cargas hidráulicas internas superiores ao nível do reservatório, condição incompatível com infiltração dominante a partir do lago. As análises hidroquímicas e isotópicas evidenciaram similaridade entre a assinatura das águas observadas nos instrumentos do aterro e aquelas registradas nos instrumentos instalados na fundação — representativos do aquífero profundo nos itabiritos — e distintas da água do reservatório. Adicionalmente, os poços de bombeamento intensificaram localmente as conexões hidráulicas entre unidades, sendo observado artesianismo após a interrupção do bombeamento em um dos poços, reforçando a interpretação de um aquífero sob condição pressurizada. **Conclusão:** Os resultados demonstram que a construção de um modelo hidrogeológico conceitual robusto é etapa indispensável para qualquer tentativa de modelagem numérica confiável, constituindo a base para definição dos mecanismos de fluxo e das condições de contorno que controlam o sistema. A integração entre geologia estrutural, potencimetria, hidroquímica, isótopos, geofísica e comportamento operacional permitiu sustentar uma interpretação hidrogeologicamente consistente do sistema e subsidiar medidas voltadas ao controle de poropressões e da saturação do aterro

estrutura geotécnica; fluxo ascendente; hidroquímica; modelo hidrogeológico conceitual;

O PAPEL DA DISCRETIZAÇÃO ESPACIAL E DA CONSISTÊNCIA FÍSICA DA MALHA NA MODELAGEM DE SISTEMAS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS COMPLEXOS

*BARCELOS, Marcela Barbosa¹; BERTACHINI, Daniel¹; BERTACHINI, Mauricio¹; GAMA, Felipe Abbas¹; KELMER, Luiza Rocha²; TAKANO, Erika Cardoso²; AMORIM, Daniela²; MAZZA, Egidio Barros²;
(1) MDGEO - BELO HORIZONTE - MG - Brasil; (2) ANGLOAMERICAN - BELO HORIZONTE - MG - Brasil;*

Marcela Barbosa Barcelos (marcela.barcelos@mdgeo.com.br)

Introdução: A modelagem numérica de fluxo subterrâneo em estruturas geotécnicas implantadas em contextos geológico-estruturais heterogêneos representa desafio técnico relevante, sobretudo quando envolve geometrias complexas, fraturamento rochoso, materiais antrópicos e sistemas internos de drenagem. Simplificações excessivas na discretização espacial podem comprometer a representação dos mecanismos de fluxo, gradientes hidráulicos e conexões entre unidades geológicas e estruturas de engenharia. Assim, malhas tridimensionais fisicamente consistentes e aderentes ao modelo conceitual são fundamentais para representar os processos observados em campo. **Objetivos:** Apresentar uma estratégia de construção e discretização espacial de malha tridimensional voltada à representação fisicamente consistente de mecanismos de fluxo em sistema geológico-geotécnico complexo, destacando a integração entre geologia estrutural, geometria construtiva, sistema drenante, monitoramento hidrogeológico e processos definidos no modelo conceitual. **Método:** O modelo integrou superfícies geológicas, investigações hidrogeológicas, geometria da estrutura, dados de monitoramento e arquivos “as built” do sistema de drenagem interna. A fundação foi discretizada por malha estruturada, respeitando contatos geológicos, zona de empurrão, fraturamento e intercalação entre filitos de baixa condutividade hidráulica e zonas brechadas/fraturadas sobrejacentes à unidade aquífera ferrífera profunda pressurizada, associada ao fluxo ascendente. A porção antrópica foi representada por malha não estruturada de elementos tetraédricos, permitindo simular truncamentos geométricos dos aterros, mergulhos, reservatório e sistema drenante. A discretização considerou instrumentos de monitoramento, gradientes hidráulicos esperados e refinamento em regiões de maior variação de carga hidráulica. O sistema drenante, composto por tapetes drenantes, trincheiras, filtro vertical, poços de bombeamento e conduto de descarga, foi incorporado por elementos discretos. Elementos em meio poroso foram simulados pela Lei de Darcy, enquanto o conduto foi representado por formulação de Manning-Strickler. **Resultados:** A estratégia adotada permitiu representar de forma integrada geologia, fundação, aterros, reservatório e sistema drenante. A combinação entre malha estruturada na fundação e malha tetraédrica não estruturada na porção antrópica foi essencial para representar a zona de empurrão, o fraturamento, a intercalação litológica e as mudanças abruptas impostas pelos aterros e drenagens. A representação explícita do sistema drenante permitiu a reprodução dos mecanismos de captura da água subterrânea proveniente do aquífero profundo pressurizado e sua condução para fora do sistema, previstos no modelo conceitual. A consideração dos instrumentos e gradientes hidráulicos durante a discretização preservou coerência entre malha e comportamento observado. **Conclusão:** Os resultados evidenciam que modelos numéricos de fluxo dependem da qualidade da discretização e da consistência física da malha. Em sistemas geológicos e geotécnicos complexos, a integração entre geologia estrutural, geometria construtiva, sistema drenante, monitoramento hidrogeológico e critérios de refinamento constitui etapa essencial para a construção de modelos representativos e hidrogeologicamente coerentes. elementos discretos; estrutura geotécnica; malha não-estruturada; modelagem numérica discretização espacial;

REMOÇÃO DE PFAS E NITRATO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS URBANAS UTILIZANDO BIOCARVÃO

PACHECO, Amanda¹; NARANJO, Elizabeth²; HIRATA, Ricardo²; SHINZATO, Mirian Chieko¹; FREITAS, Juliana G¹;

(1) UNIFESP - Diadema - SP - Brasil; (2) USP - São Paulo - SP - Brasil;

Amanda Pacheco (amanda.pacheco@unifesp.br)

Entre os principais contaminantes presentes nas águas subterrâneas nos meios urbanos, destacam-se os compostos nitrogenados e os contaminantes emergentes, como as substâncias per e polifluoroalquil (PFAS), que despertam grande preocupação devido à resistência à degradação e à toxicidade. Neste contexto, o biocarvão surge como uma solução promissora para a remoção de contaminantes das águas subterrâneas urbanas, já que seu uso como adsorvente tem se mostrado eficaz na redução da mobilidade de diversos poluentes. Entretanto, embora promissor, sua aplicação em larga escala é limitada pela forte dependência de variáveis como biomassa, condições de produção e características do meio, além do fato de que muitos estudos utilizam soluções sintéticas em condições idealizadas que não refletem a complexidade das águas subterrâneas reais, podendo superestimar sua eficiência de adsorção. O município de Bauru, situado no interior do estado de São Paulo, foi escolhido como região de estudo devido à alta dependência de água subterrânea para o abastecimento local e pela recorrente escassez de água no sistema de abastecimento público. O município apresenta contaminação na água subterrânea associada ao grande adensamento populacional, ao uso de fossas antigas e ao vazamentos de esgoto na rede coletora, caracterizando uma área de vulnerabilidade e com risco significativo de contaminação hídrica. Neste sentido, este estudo, vinculado ao projeto SACRE (Processo nº 2020/15434-0), objetivou realizar testes de remoção de nitrato e PFAS em amostras de água subterrâneas contaminadas, utilizando biocarvão. As amostras de água foram coletadas em março de 2026, e o biocarvão foi produzido a partir do bagaço da cana-de-açúcar modificado com FeCl_3 e pirolisado à 600 °C. Para avaliação da capacidade de remoção, foram realizados testes de batelada em laboratório em diferentes condições. Primeiramente, a partir de solução sintética de 100 mg L⁻¹ de nitrato, foram realizados testes sob agitação a 25 °C, durante 48 h. Em seguida, testes adicionais em batelada foram realizados com amostras de água subterrânea, nos quais o biocarvão foi adicionado às amostras na concentração de 0,2 g/L para cada teste e mantido sob agitação por 10 dias a 21 °C. As amostras foram analisadas por espectrometria UV-Vis para nitrato (método 4500 da APHA, 2005) e para PFAS por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas sequencial (LC-MS/MS) pelo laboratório ALS. No geral, os resultados do biocarvão modificado com ferro apresentaram bom desempenho na remoção de PFAS. As maiores remoções ocorreram para PFAS de cadeia longa e intermediária, indicando alta afinidade do material por esses compostos. A afinidade por PFAS de cadeias maiores também foi comprovada através dos maiores valores de K_d , evidenciando maior afinidade destes compostos pelo adsorvente. Por outro lado, a eficiência de remoção de nitrato em relação à amostra padrão foi superior às amostras reais de água subterrânea, o que pode ser causado pela competição iônica em matrizes reais. No entanto, a redução de massa foi significativa em um dos testes realizados, atingindo aproximadamente 30 mg/g de retenção. De modo geral, os resultados indicam que a modificação com ferro melhora significativamente a capacidade adsorptiva do biocarvão, embora sua eficiência dependa de fatores como pH, composição da água e estrutura dos contaminantes, destacando seu potencial para o tratamento de águas subterrâneas contaminadas.

água subterrânea; Biocarvão; Compostos nitrogenados; PFAS; Remediação;

USO DE JOGO SERIO COMO FERRAMENTA METODOLOGICA NA DISCUSSAO DA GESTAO PARTICIPATIVA DE RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRANEOS

LINHARES, Samiramisthais Souza¹; ESTÁCIO, Alyson B. S.¹; CID, Daniel A. C.¹; PONTES FILHO, Joao D. de A.¹; ALVES, Rafaela da Silva¹;

(1) Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Fortaleza - CE - Brasil;

Samiramisthais Souza Linhares (samira.linhares@funceme.br)

O uso de jogos sérios como ferramenta de diálogo e integração entre os atores locais e gestores, tem crescido significativamente nos últimos anos. O Jogada d'Água é um jogo sério do tipo Role-Playing Game (RPG) concebido, no contexto do projeto Sertões, como ferramenta de diálogo e construção coletiva de uma visão integrada do território no que diz respeito ao compartilhamento dos recursos hídricos e sua relação com o desenvolvimento territorial. Paralelo a isso, o jogo apresenta um objetivo pedagógico subjacente: introdução a conceitos de hidrologia e recursos hídricos. A dinâmica simula uma bacia composta por seis comunidades rurais com diferentes condições de acesso à água e atividades produtivas em uma região semiárida. Os participantes assumem o papel dessas comunidades e, ao longo de três anos simulados, tomam decisões relacionadas ao uso da água, investimentos em atividades produtivas e infraestrutura hídrica. A disponibilidade hídrica é influenciada por eventos climáticos, representados por lançamentos de dados e cartas de eventos extremos. Ao final de cada ciclo, são realizadas rodadas de discussões coletivas sobre estratégias de gestão e cooperação. O desempenho do grupo é avaliado por meio de um Índice de Desenvolvimento Territorial (IDT), que considera a riqueza gerada e os impactos do desabastecimento, incentivando a construção de soluções coletivas para o uso sustentável da água. A ferramenta foi aplicada em sessões com atores locais e gestores de recursos hídricos. Durante as dinâmicas houve o reconhecimento das desigualdades de acesso à água entre diferentes usuários e territórios, a percepção dos impactos que decisões individuais podem gerar sobre comunidades localizadas a jusante, o fortalecimento da capacidade de diálogo, negociação e cooperação entre as comunidades vizinhas, a compreensão da importância da diversificação das atividades produtivas para aumentar a resiliência frente à variabilidade climática e às secas e a valorização da construção coletiva de regras e estratégias para uma gestão mais sustentável e equitativa da água. O Jogada d'Água se apresenta como um instrumento metodológico capaz de integrar aspectos hidrológicos, produtivos e sociais em um ambiente de simulação, favorecendo a reflexão sobre os desafios da governança da água, evidenciando a interdependência entre os diferentes usuários da bacia hidrográfica e a necessidade de ações coordenadas para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos. Além disso, o jogo contribui para o fortalecimento de processos de educação ambiental e gestão participativa, estimulando a construção de uma visão sistêmica do território e apoiando a formação de capacidades para a tomada de decisão em contextos de escassez hídrica. Dessa forma, a metodologia demonstra potencial para apoiar processos de sensibilização, capacitação e fortalecimento da governança local da água no semiárido brasileiro.

Gestão Participativa da Água; Jogada d'água; Jogos sérios;

AQUÍFEROS CARSTICOS COMO RESERVA ESTRATÉGICA PARA SEGURANÇA HÍDRICA: EXPERIÊNCIA DE GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO DE PARACATU (MG)

BERTACHINI, DANIEL PEREZ¹; VAZ, Barbara Barreto²; GAMA, Felipe Abbas²;

(1) MDGEO - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) MDGEO Hidrogeologia e Meio Ambiente - Belo Horizonte - MG - Brasil;

DANIEL PEREZ BERTACHINI (daniel@mdgeo.com.br)

Introdução: A região de Paracatu (MG) apresenta uso expressivo dos recursos hídricos por atividades agropecuárias, industriais e minerárias. Entre os anos hidrológicos de 2013/2014 e 2018/2019 foram registrados períodos sucessivos de precipitação abaixo da média histórica, com reflexos sazonais sobre a disponibilidade hídrica superficial. Esse contexto reforçou a necessidade de avaliar fontes complementares de abastecimento e estratégias de gestão integrada entre águas superficiais e subterrâneas. Nesse cenário, os aquíferos passaram a ser considerados componentes estratégicos para ampliação da segurança hídrica e da flexibilidade operacional. **Objetivos:** Apresentar a evolução de um programa de pesquisa hidrogeológica e gestão integrada dos recursos hídricos voltado à manutenção do abastecimento industrial, demonstrando o papel dos aquíferos como instrumento de segurança hídrica em cenário de elevada demanda e recorrência de estiagens prolongadas. **Método:** Os estudos foram desenvolvidos em aquíferos carbonáticos da Faixa Brasília, associados ao Grupo Vazante, caracterizados pela presença de fraturas, zonas dissolvidas e feições cársticas. Foi elaborado modelo hidrogeológico conceitual integrando geologia, geomorfologia, hidrografia e dados de monitoramento. A partir desse modelo foram delimitadas áreas favoráveis à ocorrência de estruturas aquíferas produtivas. A prospecção utilizou levantamentos geofísicos, principalmente eletrorresistividade, para direcionamento das locações de poços tubulares profundos. Posteriormente, foram executados ensaios hidráulicos e implantada rede de monitoramento piezométrico, pluviométrico e fluviométrico. Também foi desenvolvido modelo numérico calibrado com dados de operação e monitoramento, utilizado para avaliação de cenários preditivos, incluindo ciclos futuros de baixa precipitação, diferentes regimes de bombeamento e análise da resiliência do sistema. **Resultados:** Os estudos permitiram identificar sistema aquífero de elevada produtividade, resultando na implantação de rede de captação subterrânea distribuída em diferentes setores hidrogeológicos com capacidade suficiente para a operação da unidade industrial. A gestão passou a ser realizada de forma integrada entre fontes superficiais e subterrâneas, priorizando as captações superficiais durante períodos de maior disponibilidade hídrica e ampliando a participação dos poços nos períodos de estiagem, quando ocorre redução das vazões dos cursos d'água e aumento das demandas na bacia. O monitoramento contínuo associado às simulações numéricas permitiu avaliar a resposta do aquífero a diferentes cenários hidrológicos e operacionais, estabelecer níveis de alerta, limites operacionais e estratégias de operação setorizada dos poços, minimizando rebaixamentos excessivos e assegurando a sustentabilidade do sistema ao longo dos anos de operação monitorada. **Conclusão:** Os resultados demonstram que aquíferos podem desempenhar papel fundamental como reserva estratégica para segurança hídrica em regiões submetidas à elevada demanda e variabilidade climática. A integração entre modelo conceitual, geofísica aplicada, monitoramento hidrogeológico, modelagem numérica e gestão adaptativa permitiu transformar recursos hídricos subterrâneos em um componente estruturante da gestão integrada das águas, aumentando a resiliência do sistema frente a cenários de escassez prolongada.

aquíferos cársticos; gestão integrada; mudanças climáticas; segurança hídrica;

NASCENTES DO PARQUE CIENTEC, SAO PAULO-SP: CARACTERIZAÇÃO E MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS AGUAS

OLIVEIRA, Jessica Freitas Vegh de¹; GUERRA, Murilo Carrilho¹; IRITANI, Mara Akie¹; AMARAL, Rosângela¹; NEGRI, Francisco Assis¹; DIONÍSIO, Marcio Félix¹; SOUZA, Edney Xavier¹; SANCHES, Gilberto Silva¹; EZAKI, Sibeles¹;

(1) Instituto de Pesquisas Ambientais - São Paulo - SP - Brasil;

Jessica Freitas Vegh de Oliveira (jessicavegh75@gmail.com)

Introdução Este estudo trata do monitoramento da qualidade de nascentes em áreas de preservação do Parque CienTec, localizado no Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI), uma unidade de conservação que possui significativos remanescentes de Mata Atlântica inserida na Região Metropolitana de São Paulo, intensamente urbanizada. As nascentes estão situadas em 2 microbacias, que alimentam o lago do Parque e formam o Córrego Ipiranga. As microbacias foram denominadas de grupos SE (nascentes N4, N9, N10) e SW (N13, N16 e N16A) (Figura 1). **Objetivos** O objetivo do estudo é caracterizar e monitorar as nascentes, avaliando o comportamento hidrodinâmico superficial e subsuperficial, a qualidade de suas águas e o seu grau de preservação em relação a intensa urbanização nas proximidades, por meio de análises hidroquímicas e isotópicas das águas. **Método** O monitoramento consiste em campanhas sazonais para análise físico-química e isotópica das águas superficial e subterrânea e medições semanais in situ de condutividade elétrica (CE), temperatura, Eh e pH nos poços de monitoramento, vertedouros e em uma nascente. As nascentes foram escolhidas pela perenidade, enquanto os vertedouros representam os canais de água superficial, e o lago é o exultório das microbacias. Há 2 conjuntos de piezômetros com profundidades de 3 a 10 m para a coleta de água. As campanhas foram em agosto/2025 (estação seca) e janeiro/2026 (estação chuvosa) em 5 nascentes, 4 piezômetros e 3 vertedouros. As amostras coletadas, foram filtradas, acondicionadas em frascos, preservadas (exceto ânions e alcalinidade), refrigeradas (< 4°C) e encaminhadas para análise de cátions, ânions e isótopos estáveis. **Resultados** A água subterrânea apresentou maior estabilidade físico-química e composicional em relação à superficial, devido ao fluxo mais lento. A percolação por camadas do subsolo e interação com os minerais do solo e da rocha resulta em enriquecimento iônico, aumentando a CE; isso é observado em níveis mais profundos (PZ1-2 e PZ2-2) do aquífero freático. A maior parte dos parâmetros analisados em amostras de água subterrânea e superficial encontra-se abaixo do valor de referência da CETESB (2017), indicando manutenção da qualidade hídrica. Algumas exceções podem ser observadas com relação ao fósforo e alumínio. A água subterrânea apresenta pH próximo à neutralidade. A água superficial medida nos vertedouros tem pH inferior (entre 5,6 a 6,1). A água do lago apresenta valores de CE e pH similares aos poços mais rasos, indicando ser área de descarga local. Os dados isotópicos apresentam uma diferenciação das amostras de água subterrânea dos poços (média $\delta^{18}\text{O} = -7,12\text{‰}$; $\delta^2\text{H} = -43,09\text{‰}$), mais negativos em relação às nascentes ($\delta^{18}\text{O} = -5,96\text{‰}$; $\delta^2\text{H} = -33,39\text{‰}$), demonstrando que estas últimas sofrem mais influência das águas pluviométricas, com característica de recarga local e escoamento subsuperficial. Os cursos d'água recebem contribuição dos aquíferos e chuvas, apresentando composição intermediária ($\delta^{18}\text{O} = -6,14\text{‰}$; $\delta^2\text{H} = -35,08\text{‰}$). A água do lago se diferencia pelos valores mais positivos e indicativos de evaporação ($\delta^{18}\text{O} = -5,35\text{‰}$; $\delta^2\text{H} = -31,50\text{‰}$). **Conclusão.** As análises isotópicas e hidroquímicas permitiram avaliar os compartimentos e a circulação da água no ciclo hidrológico. Os recursos hídricos apresentam boa qualidade devido à preservação ambiental, demonstrando que área de proteção deve ser mantida e monitorada.

Aquífero freático; hidroquímica; Isótopos; Nascentes; Vertedouros;

REDE DE MONITORAMENTO HIDROGEOLOGICO E GESTAO ADAPTATIVA DAS AGUAS SUBTERRANEAS NA BACIA DO RIO VERDE GRANDE COMO PILARES PARA O MARCO REGULATORIO

*MOURÃO, Maria Antonieta Alcântara¹; CÂNDIDO, Márcio Oliveira¹; KIRCHHEIM, Roberto²; GASPAR, Márcia Tereza Pantoja³; MORAES, Letícia Lemos³; OLIVEIRA, Fernando Roberto³;
(1) SGB - Serviço Geológico do Brasil - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) SGB - Serviço Geológico do Brasil - São Paulo - SP - Brasil; (3) ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - Brasília - DF - Brasil;*

Maria Antonieta Alcântara Mourão (maria.antonieta@sgb.gov.br)

Introdução: A Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande apresenta elevada vulnerabilidade hídrica, decorrente da escassez hídrica superficial e do uso intenso da água subterrânea. Esse cenário tem intensificado os riscos de redução das reservas aquíferas e, conseqüentemente, de alterações nas vazões de base dos cursos d'água. Diante desse contexto, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Serviço Geológico do Brasil (SGB) propuseram, no âmbito do projeto "Estudos para a Implementação da Gestão Integrada de Águas Superficiais e Subterrâneas na Bacia Hidrográfica do São Francisco: Sub-Bacias dos Rios Verde Grande e Carinhanha" a ampliação da rede de monitoramento hidrogeológico como um dos pilares do Marco Regulatório Integrado da bacia. **Objetivos:** Propor a expansão da rede de monitoramento hidrogeológico da Bacia do Rio Verde Grande para aprimorar o conhecimento sobre a dinâmica dos aquíferos e subsidiar a gestão sustentável e adaptativa dos recursos hídricos subterrâneos. **Método:** Para complementar a rede atual, composta por nove poços telemétricos e um poço com registro automático, foi proposta uma rede ampliada com 175 pontos prioritários de monitoramento. A definição dos locais resultou de análise multicritério que integrou atributos hidrogeológicos e indicadores de pressão antrópica. A implantação foi organizada em quatro níveis de prioridade, considerando a criticidade hidrogeológica e os conflitos pelo uso da água. **Resultados:** Foram identificados 175 locais prioritários para expansão da rede de monitoramento hidrogeológico da Bacia do Rio Verde Grande. Desses, 109 poços correspondem às prioridades 1 e 2, com implantação prevista no curto prazo (até 4 anos) em áreas de maior criticidade hidrogeológica e conflito pelo uso da água. Outros 41 poços integram a prioridade 3, para implantação no médio prazo (até 8 anos), principalmente em regiões de expansão agrícola, enquanto 25 poços da prioridade 4 são destinados ao longo prazo (até 18 anos), visando preencher lacunas de informação e consolidar condições de referência hidrogeológica. A rede proposta permitirá integrar dados de níveis d'água subterrânea, precipitação e armazenamento hídrico, subsidiando o Boletim do Estado Hidroclimatológico da bacia, a geração de prognósticos de disponibilidade hídrica e o aperfeiçoamento da gestão adaptativa das outorgas. Os dados produzidos apoiarão a atualização dinâmica do Recurso Potencial Explorável (RPE) e a definição de critérios de sustentabilidade compatíveis com as condições hidrológicas e hidrogeológicas observadas. A proposta prevê ainda a criação de uma Rede Colaborativa de Monitoramento, envolvendo usuários de águas subterrâneas, IGAM, Comitê de Bacia Hidrográfica, ANA e SGB, fortalecendo a governança e a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos. **Conclusão:** A expansão da rede de monitoramento hidrogeológico representa um avanço para a gestão das águas subterrâneas na Bacia do Rio Verde Grande. Ao integrar monitoramento, prognósticos hidroclimáticos, gestão adaptativa das outorgas e governança colaborativa, a proposta promove a transição de uma gestão reativa para uma abordagem preventiva e baseada em evidências, fortalecendo a segurança hídrica, a resiliência da bacia e a proteção dos mananciais superficiais e subterrâneos.

Bacia do rio Verde Grande; Gestão adaptativa; Marco regulatório; Rede de Monitoramento;

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ZONA RIPARIA DE CERRADO A PARTIR DE METODO BASEADO NA FLUTUAÇÃO DIÁRIA DO NÍVEL FREÁTICO

MARTINS, Rubens Takeji Aoki Araujo¹; REIS, Alan²; BERTOTTO, Luis Eduardo¹; UCHÔA, José Gescilam Sousa Mota³; PENNER, Giovanni Chaves⁴; WENDLAND, Edson Cezar¹;

(1) Universidade de São Paulo - São Carlos - SP - Brasil; (2) Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - São José dos Campos - SP - Brasil; (3) Universidade de São Paulo - British Indian Ocean Territory; (4) Universidade Federal do Pará - Belém - PA - Brasil;

Rubens Takeji Aoki Araujo Martins (rubensaoki@usp.br)

INTRODUÇÃO Em regiões onde o aquífero se encontra a poucos metros da superfície do solo, como áreas alagadas e zonas ripárias, a água subterrânea exhibe flutuações típicas que se repetem diariamente, caracterizadas pelo rebaixamento do nível freático durante o dia e recuperação durante a noite. Estas flutuações estão associadas principalmente ao consumo direto e indireto da água subterrânea pela vegetação freatófita. Na literatura internacional, esses sinais vêm sendo utilizados em diversos métodos para estimar as taxas diárias de evapotranspiração (White, 1932; Gribovszki et al., 2008; Loheide, 2008; Hou et al., 2023). No presente trabalho, utilizou-se o método proposto por Gribovszki et al. (2008) para estimar o consumo de água subterrânea (ETg) pela vegetação ripária de Cerrado. Os resultados foram comparados a um método (ET) de referência para avaliação de desempenho, ao mesmo tempo em que se avaliou a influência do comportamento transiente do rendimento específico (Sy) nessas estimativas. **OBJETIVOS** O objetivo deste trabalho é estimar taxas de evapotranspiração em zona ripária de Cerrado brasileiro a partir de método baseado na flutuação diária do nível freático (ETg); avaliar seu desempenho em relação a um método de referência (ET) e; avaliar a influência do comportamento transiente do rendimento específico nas estimativas. **MÉTODOS** Neste estudo, o único poço de monitoramento utilizado está instalado na porção central de zona ripária da Bacia do Ribeirão da Onça (BRO), nas coordenadas 22°10'27,6"S 47°57'14,2"O, no município de Brotas/SP. O solo da área é hidromórfico, com textura franco arenosa e com elevado teor de matéria orgânica (55%), com rendimento específico (Sy) final de 0,152 cm³/cm³ (Ponton, 2019). Os dados de nível foram coletados em intervalos de 15 minutos por um transdutor de pressão, entre 20 de junho de 2018 e 15 de março de 2019. Para a estimativa da ETg a partir dos dados sub-horários de nível freático, utilizou-se a abordagem empírica do método proposto por Gribovszki et al. (2008), enquanto que para avaliação do rendimento específico transiente, utilizou-se a equação analítica proposta por Nachabe (2002), em que considera a dependência temporal e espacial desse parâmetro. O método de ET utilizado como referência foi o de balanço de energia, razão de Bowen (Bowen, 1926), cujos dados foram coletados em uma estação meteorológica automática existente na área de estudo (Carvajalino, 2019). **RESULTADOS E CONCLUSÃO** Os resultados mostraram correlação linear moderada a forte entre os métodos avaliados, com coeficiente de correlação de Pearson de 0,72 (p<0,01). Durante o período avaliado, foram obtidas estimativas de ETg na faixa de 0,4 a 6,8 mm/d, com mediana de 1,5 mm/d. Observou-se tendência de subestimação da ETg em relação ao método de referência, com viés médio (ME) de -2,6 mm/d e erro médio absoluto (MAE) de 2,7 mm/d. As estimativas de ET pelo método Bowen apresentaram mediana de 4,6 mm/d. Os resíduos da regressão entre os métodos apresentaram heterocedasticidade (Breusch-Pagan, p<0,05), indicando aumento da variância dos erros para maiores valores de ET. Adicionalmente, a análise de Bland-Altman indicou viés proporcional (p<0,01), sugerindo que as diferenças entre os métodos aumentam sistematicamente para maiores valores de evapotranspiração. O uso de rendimento específico transiente não promoveu alterações relevantes nas estimativas de ETg na área de estudo, permanecendo em média 97% do valor adotado para Sy constante.

Bacia do Ribeirão da Onça; Razão de Bowen; Sistema Aquífero Guarani;

POÇO SURGENTE EM ZONA DE DESCARGA SUBTERRÂNEA NO RIO CURIMATAU – CANGUARETAMA/RN

DINIZ FILHO, JOSÉ BRAZ¹; DE MEDEIROS, LUCAS OLIVEIRA¹; DE QUEIROZ, MARCELO AUGUSTO²; CAMPOS, BENEDITA CLEIDE SOUZA³;

(1) UFRN - natal - RN - Brasil; (2) CAERN - Natal - RN - Brasil; (3) UFRN - Natal - RN - Brasil;

JOSÉ BRAZ DINIZ FILHO (braz.diniz@ufrn.br)

Introdução: Os domínios de fluxo subterrâneo compreendem sistemas Regional, Intermediário e Local, sendo este último referente às águas subterrâneas mais rasas, e com menor tempo de trânsito no meio aquífero. No fluxo Local as áreas de recarga e descarga se desenvolvem em aquífero livres/freáticos, cuja superfície freática ou potenciométrica obedece ligeiramente ao formato do relevo (cargas hidráulicas mais elevadas, e fluxo vertical descendente, em zonas de recarga de relevo mais elevado, nas nascentes fluviais; e cargas hidráulicas menores, e fluxo vertical ascendente em zonas de descarga subterrânea, nos vales dos rios). Neste último, o fluxo vertical ascendente se dá quando um poço intercepta equipotenciais de maior carga hidráulica em maiores profundidades, às quais poderão ser materializadas através da elevação do nível das águas subterrâneas acima da superfície do terreno nos vales, configurando um caráter jorrante, mesmo sendo o aquífero de natureza livre. Neste documento é apresentado um caso de poço jorrante, decorrente da estrutura hidrogeológica e sistema de fluxo local, no contexto de um poço tubular registrado no vale do Rio Curimataú/RN. **Objetivos:** Caracterizar o aspecto de fluxo local das águas subterrâneas, no entorno de um poço tubular captando o Aquífero Barreiras situado no vale do Rio Curimataú/RN. O poço apresenta uma profundidade de 40 metros, no qual foi interceptada até 6 metros uma camada de Argila (avermelhada e cinza), e entre 6 (seis) metros e 40 (quarenta) metros, estratos de arenitos (finos, médios e grossos). O poço é jorrante/surgente, com nível estático da ordem de 1,5 metros, acima da superfície do terreno. O nível dinâmico, após o teste de bombeamento de 12 horas, foi da ordem de 20 metros de profundidade. **Método:** Foram usadas as informações do perfil litológico-constutivo do poço, além dos dados de testes de bombeamento com medições do nível dinâmico no próprio poço bombeado. A avaliação conceitual do fluxo teve como base mapas potenciométricos regionais do Aquífero Barreiras, na região costeira leste do RN, que engloba a área do poço estudado. **Resultados:** O poço estudado revela-se como um poço jorrante/surgente. A hidroestratigrafia no poço não demonstra ser o aquífero confinado ou semi-confinado, tendo em vista o estrato na porção superior do perfil, e pequenas intercalações nas sequências arenosas do aquífero Barreiras, efetivamente não devem proporcionar pressões confinantes no topo do aquífero local. De fato, no final dos testes o nível dinâmico ficou posicionado bem abaixo dos níveis argilosos (teoricamente, aquitards ou aquicludes), evidenciando o aquífero como livre. **Conclusão:** A região situa-se no domínio de uma extensa área de descarga subterrânea efluente no vale/talvegue do Rio Curimataú/RN, e, os estratos penetrados e estrutura hidrogeológica, não condicionam localmente um confinamento ou semiconfinamento da porção inferior do Aquífero Barreiras captado, sendo livre. O caráter jorrante se deve ao fluxo ascendente, pois foram interceptadas equipotenciais maiores aos 40 metros, em comparação às porções mais rasas (menor carga hidráulica). Desta forma, as águas subterrâneas no entorno do poço escoam de forma ascendente para setores de menor energia, evidenciando um fluxo vertical ascendente, e com poço jorrante em zona de descarga subterrânea natural, atendendo ao preceito da Lei de Darcy. Aquífero Barreiras; Fluxo vertical Ascendente; Zona de Descarga;

MODELO HIDROGEOQUIMICO E HIDROGEOLOGICO NUMERICO DE ENCHIMENTO DE MINA SUBTERRANEA NA FAIXA PIRITOSA IBERICA

ALBUQUERQUE, Rafael Cavalcanti¹; WERLE, Mariana¹; HUANG, Juan¹; ABREU, Carolina Bittencourt¹; ALMEIDA, Danilo Carvalho¹;

(1) Water Services and Technologies - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Rafael Cavalcanti Albuquerque (rafael.albuquerque@waterservicestech.com)

Introdução: Minas subterrâneas inseridas em depósitos de sulfetos maciços apresentam elevado potencial de geração de drenagem ácida durante o processo de enchimento pós-fechamento. A interação entre a água subterrânea, os minerais sulfetados expostos nas galerias e os materiais depositados ao longo da vida útil promovem a mobilização de metais e alterações significativas nas condições redox do sistema, demandando abordagem preditiva integrada. **Objetivos:** Desenvolver e calibrar um modelo hidrogeoquímico numérico capaz de estimar a composição química da água durante e após o enchimento de uma mina subterrânea polimetálica localizada na Faixa Piritosa Ibérica, Portugal, subsidiando o planejamento de ações de controle e mitigação. **Método:** O modelo conceitual hidrogeoquímico foi construído a partir da análise integrada de dados hidroquímicos de surgências e poços, caracterização mineralógica de minério, rejeito e estéril, e ensaios estáticos de geração de drenagem ácida. O modelo identificou como processos dominantes a oxidação cinética de sulfetos (pirita, calcopirita, esfalerita, galena e arsenopirita), a neutralização por carbonatos e silicatos, e a precipitação de fases secundárias de ferro, incluindo schwertmannita e jarosita em condições ácidas e ferrihidrita em pH mais neutro. O modelo numérico foi desenvolvido no PHREEQC v3 (banco de dados wateq4f.dat), estruturado em três etapas: (i) calibração a partir de surgências ácidas e neutras, mediante ajuste de taxas cinéticas, áreas superficiais e expoentes de esfericidade dos minerais reativos — com as taxas de oxidação da pirita parametrizadas com base na equação cinética de Williamson & Rimstidt (1994), dependente do pH e do oxigênio dissolvido; (ii) simulação do first flush, com dissolução de minerais secundários em dois cenários contrastantes de reatividade; e (iii) estágio estacionário, com restrição progressiva de oxigênio. A evolução do enchimento foi simulada por meio de um código em loop no PHREEQC, no qual o bloco MIX combinou, a cada passo de tempo, a solução presente nas galerias com a água subterrânea de recarga em proporções derivadas do modelo hidrogeológico, permitindo rastrear a diluição progressiva, a variação das condições redox e a atenuação do pico do first flush. O modelo hidrogeológico numérico, desenvolvido em FEFLOW com 940.702 elementos e 18 camadas verticais, forneceu volumes e vazões de entrada após calibração em regime permanente e transiente (1980–2025). **Resultados:** A calibração reproduziu satisfatoriamente as concentrações observadas nas surgências, com destaque para ferro (até 2.555 mg/L), sulfato (até 9.170 mg/L), zinco (até 333 mg/L) e pH ácido ($\approx 4,1$). As simulações indicaram pico de concentrações no first flush, seguido de atenuação progressiva associada à diluição e à transição de condições oxidantes para redutoras, refletida na evolução do potencial redox (Eh) ao longo do enchimento. **Conclusão:** A abordagem integrada entre modelo conceitual, modelo numérico hidrogeoquímico em PHREEQC e modelo hidrogeológico em FEFLOW demonstrou-se eficaz para prever a evolução da qualidade da água no enchimento de mina em contexto de sulfetos maciços vulcanogênicos, fornecendo base técnica para estratégias de monitoramento e mitigação no contexto de fechamento. drenagem ácida; enchimento de mina; Faixa Piritosa Ibérica; hidrogeoquímica; PHREEQC;

ALEM DO INVISIVEL: AVALIAÇÃO DE ASPECTOS MICROSCÓPICOS DE UM AQUIFERO URBANO CONTAMINADO POR FONTES DIFUSAS DE ESGOTO

PINO, Daphne Silva¹; FREITAS, Livia de Almeida¹; BARRETO, Fernanda Souto¹; VARNIER, Claudia²; NAKAYAMA, Cristina³; VAN CAPPELLEN, Philippe⁴; BERTOLO, Reginaldo¹; HIRATA, Ricardo¹; (1) Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS-USP) - São Paulo - SP - Brasil; (2) Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA) - São Paulo - SP - Brasil; (3) Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas (ICAQF-UNIFESP) - Diadema - SP - Brasil; (4) Ecohydrology Research Group, University of Waterloo - Canada;

Daphne Silva Pino (daphne.pino@usp.br)

Embora as estimativas de volume de água subterrânea em escala global alcancem dezenas de milhões de quilômetros cúbicos [1], a maior parte dessa água é invisível às observações macroscópicas, ocupando espaços intersticiais entre grãos minerais ou fraturas. Estes ambientes microscópicos subsuperficiais favorecem a formação de microcosmos, devido à heterogeneidade da permeabilidade do meio, o que possibilita que reações de nitrificação e desnitrificação ocorram a distâncias de poucos centímetros [2]. Este trabalho visa identificar as características hidrobiogeoquímicas que controlam as reações de nitrogênio (N) em escala de poro. O estudo está sendo conduzido na área urbana de Bauru (SP), que sofre cronicamente com a insegurança hídrica e a contaminação por nitrato proveniente de vazamentos de esgoto. Os sedimentos do Sistema Aquífero Bauru (SAB) estão sendo caracterizados por meio ensaios SPT, testemunhos de sondagem (até 20m), lâminas petrográficas, testes de granulometria, microtomografia de raios X (μ CT) e difração de raios X de fonte síncrotron. Identificou-se uma intercalação decimétrica de areia siltosa fina e silte arenoso fino, variando do marrom-avermelhado ao marrom-claro. Localmente, ocorrem lentes decamétricas de areia siltosa, de cor cinza-escura a cinza-esverdeada. Análises granulométricas evidenciaram variações texturais e diferenças no tamanho dos grãos entre as camadas. Uma análise visual preliminar das imagens de μ CT permitiu classificar a estrutura dos poros em 4 categorias, com base no tamanho do grão, do poro e na porosidade. Esses dados correlacionam-se com a descrição dos testemunhos e com a análise granulométrica. Em sedimentos, observaram-se altas concentrações de NKT e baixas concentrações de nitrato, sugerindo que o nitrogênio proveniente de vazamentos de esgoto esteja se acumulando na matriz, formando a chamada “carga histórica de contaminantes”. Na água subterrânea, há uma correlação linear positiva entre cloreto e nitrato, o que indica que o nitrato não está sendo afetado por processos biogeoquímicos nesses pontos. Tal correlação não é observada em outras duas amostras de depósitos aluviais. No entanto, tais amostras apresentam a mesma assinatura isotópica enriquecida da área-fonte, indicando um processo de desnitrificação em direção aos sedimentos aluviais próximos ao rio, provavelmente associado a um ambiente mais francamente redutor. Em relação à disponibilidade de nutrientes, a maioria das amostras de solo se enquadra na faixa de imobilização de N, o que pode resultar em deficiência de nutrientes. Apenas um ponto apresentou razão C:N crítica e alto teor de N, indicando mineralização líquida (potencial de entrada de N nas águas subterrâneas). A extração de DNA para sequenciamento genético de amplicon está sendo realizada para a identificação de bactérias em sedimentos e águas subterrâneas. As amostras de sedimento têm apresentado alto teor de material genético, inclusive em profundidade (>5 m). As principais questões abertas desta pesquisa são: o que favorece a desnitrificação próxima ao rio? Quais microrganismos são encontrados em profundidade e como influenciam o transporte e o destino das espécies de N? Quais são os controladores hidrobiogeoquímicos do ciclo do N?

Agradecimentos: FAPESP (2020/15434-0, 2022/02681-4, 2024/16743-7, 2025/06742-6); CAPES (PIPD 88887.103320/2025-0); LNLS (20241618, 20261366). [1] Gleeson et al. 2015. 10.1038/ngeo2590 [2] Varnier et al. 2017. 10.1016/j.apgeochem.2016.12.022

escala de poro; hidrobiogeoquímica; microbiologia; microtomografia;

ÁREAS CONTAMINADAS POR SOLVENTES CLORADOS NA RMSP: ESTAMOS CONSEGUINDO PROTEGER NOSSAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS?

*PINO, Daphne Silva¹; BERTOLO, Reginaldo¹; FREGONA, Luiz Guilherme Gomes¹; PAK, Tannaz²;
(1) Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS-USP) - São Paulo - SP - Brasil; (2) Teesside University - United Kingdom;*

Daphne Silva Pino (daphne.pino@usp.br)

Nas últimas duas décadas, houve um aumento de casos de contaminação no Brasil; mais precisamente, do nosso conhecimento sobre eles. Esse crescimento foi amplamente favorecido por regulamentações que promoveram a vigilância ambiental em grandes centros urbanos, embora a maior parte dos esforços esteja concentrada no estado de São Paulo (ESP). Apesar dos avanços estaduais nas regulamentações de gestão ambiental, as contaminações ainda são tratadas caso a caso, tipicamente de acordo com a propriedade do terreno, em vez de abordar todo o sistema aquífero. Neste trabalho[1], analisou-se o banco de dados da agência ambiental do ESP[2], particularmente os casos de áreas contaminadas por solventes clorados. Este grupo de poluentes foi escolhido devido à sua persistência no meio ambiente e aos riscos à saúde humana. De modo geral, foram encontrados vieses em relação a: (i) postos de gasolina, em função das regulamentações de licenciamento do início dos anos 2000; (ii) focos de monitoramento em grandes centros urbanos, em que se dispõe de mais recursos humanos e financeiros para a aplicação de regulamentações; (iii) concessão de status de “reabilitado” a locais registrados, impulsionada por políticas habitacionais. As áreas industriais contaminadas são notavelmente subestimadas no cadastro estadual. Ademais, o ritmo de recuperação de áreas industriais registrado no cadastro supera a descoberta média de novas áreas contaminadas, chamando a atenção para a eficiência e a precisão dos métodos de remediação aplicados. Em relação a áreas contaminadas por solventes organoclorados, observou-se uma tendência à adoção de técnicas tradicionais de remediação ou técnicas de extração, tipicamente utilizadas em casos de contaminação por hidrocarbonetos, como pump & treat. A remoção do solo é outra técnica de extração identificada como sendo amplamente utilizada em áreas contaminadas cujo uso atual é de empreendimentos residenciais. Esta abordagem é uma solução relativamente rápida e que permite impulsionar políticas urbanas. Por outro lado, seu produto preocupante é, muitas vezes, a transferência do problema de contaminação para outro local. Uma análise mais detalhada da Região Metropolitana de São Paulo destacou desafios críticos relacionados ao uso de águas subterrâneas para abastecimento e sua vulnerabilidade à contaminação. Muitos poços tubulares de abastecimento[3] estão localizados dentro ou próximos a áreas potencialmente ou comprovadamente contaminadas por solventes organoclorados. Este é um exemplo de como a subestimação de áreas contaminadas pode impactar a vigilância, o monitoramento, a gestão e a avaliação dos impactos na saúde humana e no meio ambiente. Existe, portanto, a necessidade de avançar a abordagem no tratamento de áreas industriais contaminadas complexas no Brasil. Destacam-se como principais desafios a natureza complexa e heterogênea dos ambientes subterrâneos, as lacunas na legislação existente para apresentar uma estrutura para o monitoramento e gerenciamento das águas subterrâneas e as limitações da estrutura governamental. Agradecimentos: Global Challenges Research Fund (20900047); FAPESP (2013/10311-3). [1] Pino et al. (2026). 10.1007/s12665-025-12727-x [2] CETESB. (2020). Relação de áreas contaminadas. [3] CEPAS (2015). Estudo Hidrogeológico para diagnóstico de disponibilidade hídrica para atendimento do plano de contingência de abastecimento da RMSP. CEPAS-Sabesp.

águas subterrâneas; Contaminação; Gestão Ambiental; industrial; solventes clorados;

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE INTRINSECA DOS AQUÍFEROS A CONTAMINAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO DILUVIO, RS, PELO MÉTODO GOD

MUNIZ, Gabriel Gomes¹; PREIGSCHADT FILHO, Alfredo Reinaldo¹; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha¹; DA SILVA, Renatha Rehbein¹; FACCO, Douglas Stefanello²; RODRIGUES, Alexandre Couto¹; (1) Universidade Federal de Santa Maria - UFSM - SANTA MARIA - RS - Brasil; (2) Universidade Federal do ABC - UFABC - SANTA MARIA - RS - Brasil;

Pedro Daniel da Cunha Kemerich (pedro.kemerich@ufsm.br)

Introdução: A qualidade das águas subterrâneas em grandes centros urbanos pode ser comprometida por fontes potenciais de poluição associadas a efluentes, vazamentos em redes coletoras, resíduos, atividades industriais, impermeabilização do solo e alteração do uso da terra. Na Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio, entre Porto Alegre e Viamão, RS, a avaliação da vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos é ferramenta relevante para subsidiar ações de proteção ambiental, planejamento urbano e gestão hidroambiental. A integração entre SIG e o método GOD permite identificar setores com maior suscetibilidade natural à contaminação das águas subterrâneas em bacias sob pressão antrópica. **Objetivo:** Avaliar a vulnerabilidade intrínseca à contaminação das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio por meio do método GOD integrado ao QGIS. **Método:** Foram utilizados dados georreferenciados de poços tubulares cadastrados na base do Serviço Geológico do Brasil/SGB-CPRM, incluindo coordenadas UTM no Datum SIRGAS 2000 e nível estático. A vulnerabilidade foi estimada pelo método GOD, considerando o grau de confinamento hidráulico do aquífero (G), a ocorrência litológica da zona não saturada ou unidade de cobertura (O) e a profundidade do nível d'água subterrânea (D). Os parâmetros G e O foram definidos a partir da interpretação integrada de dados de poços, mapas geológicos e características hidroestratigráficas. O parâmetro D foi obtido dos níveis estáticos e espacializado por interpolação IDW. As camadas foram padronizadas, convertidas para raster em resolução compatível com a escala dos dados e integradas por álgebra de mapas no QGIS, mediante a multiplicação $G \times O \times D$. Por se tratar de dados secundários, os resultados foram interpretados como aproximação regional da vulnerabilidade intrínseca. **Resultados e Discussão:** O índice GOD variou de 0,30 a 0,63, indicando predomínio de vulnerabilidade moderada, com ocorrência localizada de alta vulnerabilidade. As áreas moderadas, com índices entre 0,30 e 0,50, corresponderam a aproximadamente 99,8% da bacia, indicando condições naturais intermediárias de proteção frente à infiltração de contaminantes. As áreas de alta vulnerabilidade, com índices entre 0,50 e 0,63, representaram cerca de 0,2% da área, concentrando-se em setores com menor profundidade do nível d'água e litologias favoráveis à percolação vertical. Embora restritas, essas áreas apresentam maior suscetibilidade hidrogeológica e devem ser priorizadas no monitoramento da qualidade da água subterrânea e no controle de fontes potenciais de poluição. **Conclusão:** A aplicação do método GOD integrado a SIG mostrou-se adequada para a avaliação preliminar da vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio. O mapa gerado constitui subsídio técnico para o planejamento hidroambiental, a fiscalização de fontes potenciais de poluição e a definição de áreas prioritárias para investigações hidroquímicas e monitoramento sistemático dos aquíferos. O método não substitui análises hidroquímicas ou microbiológicas, mas contribui para a triagem espacial, a hierarquização de áreas críticas e a tomada de decisão em bacias urbanas sob pressão antrópica.

águas subterrâneas; Bacia urbana; Geoprocessamento; Método GOD; Vulnerabilidade intrínseca;

MALHA 3D TOTALMENTE NAO ESTRUTURADA E CALIBRAÇÃO POR PILOT-POINTS DO MODELO HIDROGEOLOGICO DO AQUIFERO CARSTICO DE VAZANTE (MG)

ARAUJO, Edmar Eufrasio¹; FILPI, Tereza²;

(1) Nexa Recursos Minerais - Vazante - MG - Brasil; (2) Water Services and Technologies - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Edmar Eufrasio Araujo (edmar.araujo@nexaresources.com)

A Nexa Recursos Minerais opera na cidade de Vazante, MG, uma mina subterrânea com extração de minérios de zinco e chumbo. A mina se desenvolve num ambiente cárstico representado principalmente por dolomitos das formações Serra do Poço Verde e Morro do Calcário. Ao longo dos quase 57 anos de produção a gestão hídrica da mina teve papel crucial no desenvolvimento das operações. Notadamente a modelagem numérica tem um papel importante como ferramenta de apoio à gestão hídrica e o modelamento hidrogeológico tem evoluído concomitante com o entendimento da região. O objetivo deste trabalho é apresentar as últimas atualizações do modelo hidrogeológico da mina subterrânea de Vazante. O modelo foi atualizado em dois aspectos. O primeiro diz respeito ao tipo de malha utilizada. A malha em elementos finitos tipo 3D estruturada foi atualizada para uma malha 3D totalmente não estruturada. O segundo aspecto diz respeito ao processo de calibração. As unidades hidrogeológicas, antes calibradas como zonas homogêneas, foram recalibradas com a utilização de 40 pilot-points, sendo 5 pilot-points por unidade hidrogeológica. As condutividades hidráulicas foram calibradas em regime permanente e o armazenamento foi calibrado em regime transitório. Após a calibração foram realizadas simulações desde 2024 até 2042, o que permitiu também validar os resultados do modelo considerando dados reais do ano de 2024. Como resultado das atualizações, a mudança na malha propiciou a redução de 17% no número de elementos e 71% do número de nós, permitindo simulações mais rápidas e com uma melhor representatividade das unidades hidrogeológicas. O uso de pilot-points permitiu uma distribuição mais representativa da heterogeneidade da condutividade hidráulica e do armazenamento, mantendo-se os parâmetros de calibração de acordo com padrões internacionalmente aceitos. O uso destas novas metodologias aplicadas ao modelo hidrogeológico propiciou um ganho de eficiência computacional e melhora na representatividade da anisotropia do aquífero, o que se traduz também em maior confiabilidade das simulações e uso dos resultados na gestão hídrica do empreendimento.

Carste; hidrogeologia; Modelamento;

ANALISE ESPACIAL DA QUALIDADE DAS AGUAS SUBTERRANEAS DA AREA DA SEDE DO MUNICIPIO DE IGARAPE-MIRI/PA.

RODRIGUES, Andreza Quaresma¹; BARROS, Douglas de Sousa²;

(1) Universidade Católica de Minas Gerais - PUC - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) Universidade Federal do Pará - UFPA - Belém - PA - Brasil;

Andreza Quaresma Rodrigues (quaresmageologia@outlook.com)

Introdução: As águas subterrâneas constituem uma importante fonte de abastecimento para populações de municípios amazônicos, especialmente em localidades onde os sistemas públicos de abastecimento e saneamento apresentam limitações. Entretanto, o crescimento urbano desordenado e a presença de atividades potencialmente poluidoras podem comprometer sua qualidade, representando riscos à saúde pública e ao meio ambiente. **Objetivos:** Avaliar a qualidade das águas subterrâneas da área da sede e entorno do município de Igarapé-Miri/PA por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, bem como identificar possíveis influências antrópicas sobre suas características. **Método:** Inicialmente, foi realizado o levantamento dos poços por meio do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Foram selecionados dez poços tubulares distribuídos estrategicamente na área de estudo, sendo oito localizados na área urbana e dois na zona rural. As amostras foram coletadas em setembro de 2019 e submetidas a análises físico-químicas e microbiológicas. Foram avaliados os parâmetros alcalinidade, amônia, condutividade elétrica, cor aparente, ferro, nitrato, pH, turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli*. A avaliação da potabilidade foi realizada com base na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, vigente à época da realização do estudo. A distribuição espacial dos poços e dos resultados foi analisada por meio de ferramentas de geoprocessamento. **Resultados:** Todos os poços analisados apresentaram pelo menos um parâmetro em desconformidade com os padrões de potabilidade. O pH foi o parâmetro mais crítico, apresentando valores inadequados em 100% das amostras, seguido da condutividade elétrica, com inconformidade em 70% dos poços. Presença de coliformes totais e *Escherichia coli* foi registrada em 30% das amostras, indicando contaminação microbiológica. Alterações nos parâmetros cor aparente, ferro e turbidez também foram observadas em parte dos poços avaliados. Os poços P1, P5 e P8 apresentaram o maior número de inconformidades, enquanto os poços rurais P9 e P10 apresentaram menor ocorrência de parâmetros fora dos padrões de potabilidade. A análise espacial demonstrou que os poços mais impactados concentram-se predominantemente na área urbana, onde ocorre maior densidade de atividades antrópicas potencialmente impactantes, como postos de combustíveis, cemitério, drenagem urbana, fábricas de aço e área de disposição de resíduos. **Conclusão:** Os resultados evidenciam comprometimento da qualidade das águas subterrâneas utilizadas para abastecimento na área estudada, destacando a necessidade de monitoramento contínuo e de melhorias nas condições de saneamento e gestão ambiental. A concentração das inconformidades na área urbana sugere influência das atividades antrópicas sobre a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos do município, reforçando a importância de medidas preventivas para proteção dos mananciais utilizados pela população local.

água subterrânea; Contaminação Antrópica; hidrogeologia; potabilidade; Qualidade da água;

DIRETRIZES PARA O APRIMORAMENTO DO MODELO DE GESTÃO DA ARC-JURUBATUBA: UMA ABORDAGEM ADAPTATIVA PARA PROTEÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

FILHO, José Luiz Albuquerque¹; MARETTI, Elidiana Pereira²; CAMPOS, José Eduardo³; NICOLAU, Marcele Carla⁴; HARD, Ana Cecília CECÍLIA⁴; L'APICIELLA, Emanuel Lima⁵; LUCENA, Larissa Lima⁴; SANTOS JR, Valburg Souza⁶; ALBERTO, Marcio Costa⁷; SILVA, Laiz Oliveira Leite⁸; BERNARDO, Hemilly Julia Barros⁴;

(1) Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT - São Paulo - SP - Brasil; (2) Lasermex - São Paulo - SP - Brasil; (3) SP-Águas - São Paulo - SP - Brasil; (4) Fundação de apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas - FIPT - São Paulo - SP - Brasil; (5) Biotita Hidrogeologia e Meio Ambiente - São Paulo - SP - Brasil; (6) Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - FABHAT - São Paulo - SP - Brasil; (7) Geoinovações - São Paulo - SP - Brasil; (8) Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT - São Paulo - SP - Brasil;

Elidiana Pereira Maretti (emaretti@ipt.br)

Introdução A Área de Restrição e Controle para Captação e Uso das Águas Subterrâneas da Jurubatuba (ARC-Jurubatuba) foi instituída para efetiva gestão do uso os aquíferos frente à contaminação regional por compostos organoclorados decorrente do histórico de ocupação industrial. Após anos de monitoramento e avanço do conhecimento hidrogeológico, verificou-se que a efetividade da proteção depende não apenas das restrições ao uso da água subterrânea, mas também de um modelo de gestão capaz de incorporar novas informações, integrar instituições e adaptar-se às transformações ambientais e urbanas. **Objetivos** Apresentar as diretrizes propostas para o aprimoramento do modelo de gestão da ARC-Jurubatuba, enfatizando os princípios de gestão adaptativa, governança colaborativa, comunicação e transparência. **Método** O estudo baseou-se nos resultados do empreendimento FEHIDRO 2021-AT-COB-136 “Estudos Hidrogeológicos na Região de Jurubatuba” (IPT, 2025), complementados pela análise integrada dos estudos hidrogeológicos, gerenciamento de áreas contaminadas, evolução do uso e ocupação do solo e dos instrumentos legais e institucionais que disciplinam a gestão da ARC. **Resultados** As análises demonstraram que o modelo vigente necessita de mecanismos que permitam sua atualização contínua. Com base nas análises jurídicas, institucionais e hidrogeológicas, o modelo deve ser orientado por três princípios: **Gestão Adaptativa**, com processo continuado de revisão à medida que novos dados de monitoramento sejam gerados; **Governança Colaborativa**, baseada na cooperação entre CETESB, SP-Águas, COVISA, Prefeitura de São Paulo e sociedade; e **Comunicação e Transparência**, traduzindo a complexidade técnica em orientações acessíveis aos usuários. As recomendações estruturam-se em quatro eixos temáticos: (i) modelo de gestão por zonas de alta e baixa restrição, permitindo atualização das classificações com base nas análises químicas e na identificação de novas áreas contaminadas; (ii) articulação interinstitucional e governança, por meio de acordos de cooperação, banco de dados e padronização de procedimentos; (iii) comunicação estratégica com a população, para divulgação de indicadores, mapas, deliberações, relatórios e orientações aos usuários; e (iv) indicadores de avaliação de desempenho, contemplando aspectos técnicos e institucionais relacionados ao monitoramento de poços e à atuação dos órgãos gestores. De forma complementar, a proposta reforça que a proteção das águas subterrâneas deve estar articulada ao gerenciamento das áreas contaminadas, reconhecendo que a eliminação das causas da contaminação é condição essencial para futuras revisões das restrições impostas à captação. **Conclusões** O aprimoramento da gestão da ARC-Jurubatuba depende da substituição de um modelo predominantemente estático por uma abordagem adaptativa baseada em monitoramento contínuo, integração institucional e transparência. A incorporação de indicadores de desempenho e revisões periódicas permite fundamentar as restrições em evidências técnicas atualizadas, aumentando a efetividade da proteção das águas subterrâneas e oferecendo maior segurança para usuários, gestores e para o planejamento urbano da região. águas subterrâneas; ARC-Jurubatuba; Gestão adaptativa; governança ambiental; indicadores de desempenho;

INTELIGENCIA ARTIFICIAL E A DESINFORMAÇÃO EM TERMINOLOGIAS NA CLASSIFICAÇÃO DE POÇOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior¹;

(1) Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM - Fortaleza - CE - Brasil;

Mickaelon Belchior Vasconcelos (mickaelon.vasconcelos@sgb.gov.br)

Em quase quatro anos após o lançamento da primeira plataforma de inteligência artificial (IA), a mesma tornou-se uma realidade da rotina de vários profissionais. Diante de termos técnicos utilizados em hidrogeologia, efetuamos uma pesquisa para compreender as informações fornecidas por diferentes Large Language Models (LLM) a respeito da nomenclatura das obras de captação de águas subterrâneas, no caso, os poços. Foram definidas quatro perguntas padronizadas para serem utilizadas como prompts em sete LLMs como: Qwen Studio, Manus, Perplexity, DeepSeek, ChatGPT, Gemini e Copilot. A pesquisa foi realizada no mês de maio e junho de 2026. As perguntas realizadas (prompt) possuem objetivos específicos de captação da informação fornecida pela plataforma de IA: 1) Defina o que é um poço de captação de águas subterrâneas e liste os principais tipos existentes. 2) Estou elaborando um termo de referência para um edital municipal com o objetivo de contratar empresas para executar obras de construção de captações de águas subterrâneas. Descreva os tipos de poços existentes e as características técnicas dos poços que devo incluir no documento(edital). 3) Classifique os tipos de poços tubulares para captação de águas subterrâneas baseando-se estritamente no comportamento das condições hidrodinâmicas do aquífero captado. 4) Qual a diferença em termos hidrogeológicos entre um poço artesiano e um poço semi-artesiano? Os resultados para a pergunta 1, o ChatGPT recomenda para documentos técnicos adotar as seguintes categorias: Poço escavado (cacimbão/amazonas), Poço tubular raso, Poço tubular profundo, Poço Radial Coletor e Poço Horizontal (quando aplicável). Quanto à terminologia “poço semi-artesiano”, é apresentado como resposta nas plataformas, Manus, Perplexity, ChatGPT, Gemini e Copilot. O ChatGPT deixa claro que é uma característica hidráulica do aquífero, e não um tipo construtivo de poço. Na pergunta 2, podemos verificar a falta de alinhamento das respostas no que se refere a Poço Freático Tubular com os termos semiartesianos/pocinhos, apresentado pelo Perplexity. O termo poço semi-artesiano só não apareceu no ChatGPT e no Gemini, mostrando uma consolidação errônea do termo. Na terceira pergunta, verificamos o termo Poço Não-Surgente(ou Poço Freatique/Livre) apresentado pelo Gemini. O termo poço em aquífero semi-confinado aparece no Manus, DeepSeek e Copilot. Na pergunta 4, todos apresentaram uma definição similar, porém, associando o termo semi-artesiano a um poço que necessita de bombeamento para captar água. O Copilot caracteriza o poço semi-artesiano por ter entre 20 e 100 metros e estar mais susceptível a contaminação. O uso da IA por estudantes ou profissionais com pouco conhecimento no tema, pode gerar um processo de desinformação em cadeia gerando problemas de inconsistência técnica por considerarem, muitas vezes, os jargões comerciais. Desinformação; hidrogeologia; inteligência artificial; Large Language Models (LLMs); Terminologia Técnica;

ANALISE DE VULNERABILIDADE NA BACIA DO RIACHO DO BOI MORTO COM BASE NO PARAMETRO HIDRODINAMICO: CONDUTIVIDADE HIDRAULICA

*MACÊDO, Vitória Gomes¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; MONTEIRO, Letícia Pereira Santos¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; SOARES, Luíza Monteiro Espíndola¹; DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;
(1) UFMG - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Vitória Gomes Macêdo (vitoriagomesmacedo3@gmail.com)

O estudo e a remediação da contaminação de aquíferos são importantes, considerando a rapidez do desenvolvimento urbano e a exploração necessária para o sustento populacional. Sendo assim, é necessário avaliar a vulnerabilidade dessas áreas e identificar áreas mais suscetíveis à impactos ambientais. Localizada próximo ao município São Francisco, a bacia do Riacho do Boi Morto é delimitada pelo riacho do Boi Morto e vereda Tabuleirinho, ambos afluentes do rio São Francisco. Com extensão de aproximadamente 150 km², a bacia é caracterizada geologicamente por: calcários inferiores (com calcilitos e calcarenitos finos correspondentes a Formação Sete Lagoas), metapelitos (granulometria variando de silte a argila e correlacionados com a Formação Serra de Santa Helena), calcários superiores (calcilito e calcirruditos com granulometria areia grossa, intercaladas com metapelitos finos) e coberturas (sedimentos aluvionares, eluvionares e coluvionares que recobre parte da Formação Sete Lagoas). A geologia é fundamental para a análise de vulnerabilidade, uma vez que a condutividade hidráulica que está diretamente associada à litologia, visto que maiores condutividades estão mais vulneráveis à contaminação em comparação a meios de baixas condutividades. Este trabalho tem como objetivo avaliar o grau de vulnerabilidade das diferentes regiões da bacia. Para isso, é utilizado a geologia local e a condutividade hidráulica, aos quais são atribuídos pesos para a determinação das zonas de maior criticidade. Para a avaliação, a bacia foi compartimentada em quatro unidades litológicas principais: metapelitos, calcários inferiores, calcários superiores e coberturas superficiais. Subsequentemente, essas unidades foram quantificadas em termos de área e representatividade percentual utilizando o software QGIS, além disso, foram associadas ao parâmetro de condutividades obtidos em ensaios de campo descritos em bibliografia. Esse parâmetro foi ponderado usando o método DRASTIC como base - esse método usa o nível d'água, recarga, meio aquífero, solos, topografia, zona vadosa e condutividade hidráulica, porém para esse estudo apenas a condutividade vai ser estudada - os pesos foram 4 (0 - 0,0012 m/dia), 6 (0,0012 - 16,3 m/dia), 8 (16,3 - 40,65 m/dia) e 10 (> 40,65 m/dia). A partir do mapeamento realizado na bacia do Riacho do Boi Morto, conclui-se que a região apresenta um cenário de alta a muito alta vulnerabilidade à contaminação superficial. A análise integrada revela que a somatória das zonas classificadas com maior criticidade (Pesos 8 e 10), correspondentes ao Calcário Superior e às Coberturas sedimentares, domina expressivos 63,3% do território total da bacia. A altíssima condutividade detectada nas coberturas superficiais, atuando em conjunto com a matriz calcária fraturada subjacente, configura um ambiente propício para o transporte acelerado de poluentes em direção ao meio subterrâneo, sem que haja tempo ou meio físico para a atenuação dos contaminantes. Frente ao cenário de rápido desenvolvimento urbano e à necessidade de exploração de água para o sustento da população de São Francisco e seus arredores, o monitoramento das atividades industriais e agropecuárias nessas áreas de Pesos 8 e 10, são essenciais para garantir a qualidade destas importantes zonas de recarga aquífera. Contaminação; Impacto Ambiental; São Francisco; Vulnerabilidade;

AVALIAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA APLICADA A INTERPRETAÇÃO DE SURGÊNCIAS EM ÁREAS DE INTERESSE MINERAL

*DUTRA, Pedro Henrique¹; BERTACHINI, Maurício N A¹; BOSZE, Helena Alves¹; FERREIRA, Clovis Souza¹; SANTOS, Gabriel Araujo¹; VAZ, Barbara Barreto¹;
(1) MDGEO - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Pedro Henrique Dutra (pedro.dutra@mdgeo.com.br)

Introdução A avaliação hidrogeoquímica foi aplicada a surgências em um empreendimento mineral no Estado de Goiás, com o intuito de identificar a origem das águas aflorantes e possíveis interações com estruturas de contenção de efluentes. A integração entre as amostragens, análises físico-químicas e métodos geofísicos (eletrorresistividade e potencial espontâneo) permitiu mapear caminhos preferenciais de fluxo e avaliar a integridade das mantas impermeabilizantes. **Objetivos** Determinar a origem e a evolução hidrogeoquímica das surgências. Verificar conexão entre efluentes de áreas de armazenamento e surgências. Integrar evidências hidrogeoquímicas e geofísicas para subsidiar medidas de mitigação. **Método** Foram coletadas amostras representativas das surgências e dos efluentes, com análise dos parâmetros in situ (pH, temperatura, condutividade) e análises laboratoriais (íons principais, metais traço, DBO/DQO e sólidos dissolvidos). A qualidade analítica foi avaliada pelo uso do cálculo do Percentual de Diferença Relativa (RPD), calculado com a fórmula: $RPD = |C_1 - C_2| / ((C_1 + C_2) / 2) \times 100$. Valores de RPD < 20% foram considerados como indicativos de maior similaridade composicional entre as amostras comparadas; concentrações abaixo do limite de quantificação (LQ) foram tratadas como não detectadas na comparação (CETESB, 2023). Aplicou-se a Correlação de Spearman para testar associações monotônicas entre as surgências e os efluentes. Complementaram a interpretação caminhamentos de eletrorresistividade e mapas de potencial espontâneo para identificar zonas saturadas e gradientes de fluxo. **Resultados** O RPD foi empregado como ferramenta comparativa auxiliar para avaliação da similaridade hidroquímica entre amostras, sendo interpretado em conjunto com análises estatísticas e evidências geofísicas. A avaliação RPD indicou discrepâncias relevantes em vários analitos, com percentuais de diferença superiores ao limiar de 20% para diversos parâmetros, sugerindo que a relação entre as bacias de efluente e as surgências não ocorre por mistura direta simples ou conservativas. Por outro lado, a análise estatística mostrou correlações fortes (coeficientes >0,9) entre as séries de amostras das surgências e os efluentes, indicando similaridade hidroquímica consistente e possível vínculo hidrodinâmico indireto entre essas águas. Em conjunto, a geofísica revelou zonas de baixa resistividade e anomalias de potencial convergentes nas proximidades das surgências, compatíveis com caminhos preferenciais de percolação e possíveis rupturas na camada impermeável. A combinação de evidências indica que, embora parte da água interaja com o meio antes do afloramento (alterando composição), existe uma relação hidrodinâmica entre as áreas de armazenamento de efluentes e as surgências. **Conclusão** A integração de métodos hidrogeoquímicos, estatísticos e geofísicos mostrou-se eficaz na investigação de surgências em área hipotética de interesse mineral, reduzindo incertezas sobre infiltração e fluxo subterrâneo. Observou-se compatibilidade hidroquímica entre surgências e efluentes e zonas preferenciais de percolação identificadas geofisicamente, sugerindo interação hidrodinâmica entre áreas de armazenamento e o aquífero. Recomenda-se manter monitoramento hidrogeoquímico e geofísico e implementar medidas de mitigação e controle para reduzir riscos ambientais e aprimorar o gerenciamento hidrogeológico.

correlação estatística; Geofísica; hidrogeoquímica; QA/QC; surgências;

INTEGRAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E ISOTÓPICA NA CARACTERIZAÇÃO DE ZONAS DE RECARGA EM ÁREA DE EXPLORAÇÃO MINERAL

*DUTRA, Pedro Henrique¹; BERTACHINI, Maurício N A¹; BOSZE, Helena Alves¹; FERREIRA, Clovis Souza¹; SANTOS, Gabriel Araujo¹; VAZ, Barbara Barreto¹;
(1) MDGEO - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Pedro Henrique Dutra (pedro.dutra@mdgeo.com.br)

A caracterização de zonas de recarga é essencial para compreender a dinâmica hidrogeológica e gerir áreas sob influência de mineração. Alterações no uso do solo, movimentação de materiais e disposição de rejeitos podem modificar a infiltração e a composição físico-química das águas. A integração de métodos hidrogeoquímicos e isotópicos permite diferenciar recarga natural de sinais antrópicos, avaliando mistura, evaporação, tempo de residência e conectividade entre compartimentos hídricos. Neste estudo, aplicaram-se análises hidrogeoquímicas, balanço iônico, diagramas hidroquímicos e assinaturas isotópicas (antropização; hidrogeoquímica; Isótopos; monitoramento; recarga de aquíferos;

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE ENSAIO DE BOMBEAMENTO EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS

CESAR MARTINS DE PAULA, MÁRCIO¹; SODRÉ DA SILVEIRA MOL, DANIEL¹; ALEXANDRE PEREIRA, BRENO¹; ALFENAS DE FILIPPO, MATEUS¹;

(1) IGEO HIDROGEOLOGIA LTDA - BELO HORIZONTE - MG - Brasil;

MÁRCIO CESAR MARTINS DE PAULA (marcio.martins@igeohidrogeologia.com)

Introdução: Os ensaios de bombeamento são procedimentos fundamentais na hidrogeologia para determinar parâmetros hidráulicos de aquíferos e avaliar a capacidade de produção de poços tubulares profundos. Tradicionalmente, esses ensaios demandam coleta manual contínua de dados, com presença constante de técnicos em campo, o que eleva o custo operacional, amplia a margem de erro humano e compromete a qualidade dos registros, especialmente nos turnos noturnos. **Objetivos:** Desenvolver e validar um sistema computacional de automação integral de ensaios de bombeamento em poços tubulares profundos, capaz de coletar dados hidráulicos em tempo real, gerar relatórios automáticos e comunicar resultados remotamente, reduzindo a intervenção humana e aumentando a precisão das medições. **Método:** O sistema AutoPoço foi desenvolvido em linguagem de programação Pascal. A automação integra uma Sonda Hidroestática modelo MGG TNH NANO (cabo elétrico de 200 m), um CLP Rion 5 e um Macro Medidor Digital para aferição de vazão em tempo real, todos interconectados via protocolo Modbus por cabo RS485. O software realiza a coleta automática de dados em intervalos progressivos pré-selecionados de acordo com a demanda. São registrados automaticamente: nível estático, nível dinâmico, coluna d'água, rebaixamento, vazão instantânea e acumulada. O sistema suporta testes contínuos de 24 horas ou por períodos configuráveis, com opção de ensaio de recuperação. Filtros internos compensam variações de até 10 cm entre leitura real e leitura da sonda, com ajuste de offset automático ou manual em tempo real. Os gráficos são gerados automaticamente ao longo do ensaio. O sistema conta ainda com módulo de mensagens configurável por WhatsApp e envio de relatórios por e-mail ao final do ensaio. **Resultados:** O sistema demonstrou capacidade de executar ensaios de bombeamento completos, rebaixamento e recuperação, de forma totalmente automatizada, eliminando a necessidade de leituristas noturnos e reduzindo o efetivo de campo durante todo o período do teste. A coleta contínua e automatizada de dados resultou em maior precisão nas medições, com desvio entre valores reais e da sonda dentro da faixa aceitável de 5 a 10 cm. Os gráficos foram construídos em tempo real, agilizando a interpretação hidrogeológica ainda em campo. O módulo de comunicação permitiu o envio automático de relatórios completos em PDF e planilhas Excel ao encerramento do ensaio, bem como alertas imediatos em caso de falhas mecânicas no conjunto motobomba, aumentando a segurança operacional. O relatório final gerado contempla todos os parâmetros exigidos em uma ficha técnica de ensaio de bombeamento. **Conclusão:** O sistema AutoPoço representa avanço significativo na automação de ensaios hidrogeológicos de campo, promovendo ganhos em precisão, segurança e eficiência operacional. A integração de hardware industrial com software dedicado permitiu a substituição efetiva da coleta manual, com geração automática de relatórios e comunicação remota em tempo real. O sistema consolida-se como ferramenta aplicável em poços tubulares profundos, compatível com diferentes configurações de bombeamento, contribuindo para a modernização das práticas hidrogeológicas no Brasil.

Automação Hidrogeológica; Ensaio de bombeamento; Nível Dinâmico; Poço Tubular Profundo; Sistema de Monitoramento;

A cartilha da ARC-Jurubatuba como instrumento de educação ambiental e fortalecimento da gestão compartilhada das águas subterrâneas

MARETTI, ELIDIANA PEREIRA¹; NICOLAU, MARCELE Carla²; ALBUQUERQUE FILHO, José Luiz³; SANTOS JR., Valburg Souza⁴; CAMPO, José Eduardo⁵; LUCENA, Larissa Lima⁶; SILVA, Laiz Oliveira Leite³; ALBERTO, Marcio Costa⁷;

(1) Lasermex Geologia e Meio Ambiente - São Paulo - SP - Brasil; (2) Fundação de apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas - FIPT - São Paulo - SP - Brasil; (3) Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT - São Paulo - SP - Brasil; (4) FABHAT – Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - São Paulo - SP - Brasil; (5) SP-Águas - São Paulo - SP - Brasil; (6) Biotita Hidrogeologia e Meio Ambiente - São Paulo - SP - Brasil; (7) Geoinovações - São Paulo - SP - Brasil;

ELIDIANA PEREIRA MARETTI (emaretti@ipt.br)

Introdução A comunicação com a população constitui um dos pilares para a efetividade da gestão de áreas contaminadas e da proteção das águas subterrâneas. Nesse contexto, a cartilha sobre a Área de Restrição e Controle para Captação e Uso das Águas Subterrâneas de Jurubatuba (ARC-Jurubatuba), foi elaborada para traduzir informações técnicas em linguagem acessível, promovendo o entendimento da hidrogeologia local, das restrições de uso da água subterrânea e das formas de participação da sociedade na gestão do território. **Objetivos** Apresentar a cartilha da ARC-Jurubatuba como ferramenta de educação ambiental, destacando seu papel na orientação dos usuários, no fortalecimento da gestão compartilhada e na valorização da participação da população para a proteção das águas subterrâneas. **Método** A cartilha foi elaborada com base nos resultados do empreendimento FEHIDRO 2021-AT-COB-136 “Estudos Hidrogeológicos na Região de Jurubatuba” (IPT,2025), reunindo informações sobre histórico da contaminação, uso e ocupação do solo, áreas contaminadas, monitoramento das águas subterrâneas e medidas de gestão. O conteúdo foi adaptado para linguagem acessível e organizado para responder às principais dúvidas dos usuários, oferecendo orientações práticas sobre o uso seguro das águas subterrâneas. **Resultados** A cartilha apresenta conceitos sobre hidrogeologia, contaminação e gerenciamento ambiental. A comunicação da situação da área estudada é apresentada de forma equilibrada, permitindo informar sobre a existência da contaminação regional e das restrições ao uso da água subterrânea sem gerar alarmismo. Também reforça que a proteção das águas subterrâneas depende da participação ativa dos usuários, incentivando o compartilhamento de informações, cadastro, regularização de poços e a análise periódica da qualidade das águas. Outro aspecto relevante é a orientação sobre o que fazer quando uma análise indicar contaminação, fornecendo informações objetivas que auxiliam o usuário a buscar os órgãos competentes. Ao evidenciar que a população é indispensável para o monitoramento e para a produção de informações que ampliam o conhecimento sobre o território, o material fortalece o princípio da governança colaborativa, reconhecendo que o envolvimento da sociedade aumenta a efetividade das políticas públicas e contribui para o aprimoramento contínuo da gestão. Ao traduzir estudos hidrogeológicos complexos para uma linguagem acessível, o material contribui para democratizar o conhecimento e transformar o cidadão em participante ativo da gestão ambiental, compreendendo não apenas os riscos existentes, mas também seu papel na construção das soluções. **Conclusões** A Cartilha da ARC-Jurubatuba vai além da divulgação de informações técnicas, constituindo uma ferramenta de educação ambiental que orienta a população sobre como agir, incentiva a participação e fortalece a gestão compartilhada das águas subterrâneas. Ao informar sem alarmismo, esclarecer responsabilidades e estimular o cadastro, o monitoramento e o compartilhamento de informações pelos usuários, o material contribui para ampliar o conhecimento sobre a região, apoiar a atuação dos órgãos gestores e promover uma cultura de corresponsabilidade na proteção dos recursos hídricos.

águas subterrâneas; ARC-Jurubatuba; Educação Ambiental; gestão compartilhada;

HIDROQUÍMICA DE ELEMENTOS MAIORES NA BACIA DO RIACHO DO BOI MORTO: RELAÇÃO ENTRE ÁGUA SUBTERRÂNEA E GEOLOGIA LOCAL

*MACÊDO, Vitória Gomes¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento²; MONTEIRO, Leticia Pereira Santos¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; SOARES, Luiza Monteiro Espíndola¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;
(1) ufmg - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) UFMG - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Vitória Gomes Macêdo (vitoriagomesmacedo3@gmail.com)

Em estudos hidroquímicos, o conhecimento das litologias da área de pesquisa é fundamental para direcionar as interpretações. A bacia hidrográfica do riacho do Boi Morto e da vereda do Tabuleirinho são afluentes diretos do rio São Francisco, essa bacia vai ter como principais litologias os calcários da Formação Lagoa do Jacaré seguido pelos metapelitos da Formação Serra de Santa Helena. Além disso, vem a Formação da Serra da Saudade e coberturas detrítico-lateríticas. A partir de coletas de águas em poços na região, foi possível determinar as concentrações dos elementos maiores, como os íons principais Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} , que foram usados na classificação química das águas e na determinação das fácies hidroquímica. O trabalho tem como objetivo analisar os elementos maiores da bacia do riacho do Boi Morto, identificar tipos de água e delimitar localmente suas assinaturas e limites químicos. Foram coletadas oito amostras de águas em poços tubulares abrangendo diferentes contextos geológicos. Durante a coleta, foram medidos diversos parâmetros hidrodinâmicos, então, as amostras foram levadas para o Laboratório LEHID para análise de elementos maiores por meio da cromatografia iônica e pela titulação para determinar os bicarbonatos. Os resultados analíticos indicam o predomínio do ânion bicarbonato (HCO_3^-) em todas as amostras, com concentrações variando de 218,25 (mg/L) (P4) a 556,00 (mg/L) (P1), o que reflete a forte influência da dissolução de rochas carbonáticas do Grupo Bambuí no aquífero. Além disso, através dos cátions foram observados uma segregação litológica em duas fácies hidroquímicas distintas: as águas bicarbonatadas cálcicas-magnesianas e as bicarbonatadas sódicas. Os pontos P1 (Serra de Santa Helena), P5 (Serra da Santa da Saudade), P6 e P8 (Lagoa do Jacaré), é caracterizado por elevados teores de Ca^{2+} , até 86,96 mg/L e Mg^{2+} até 31,55 mg/L, evidenciando o intemperismo de minerais como calcitas e dolomitas. Em contrapartida, os pontos P2, P3 e P7 (Lagoa do Jacaré), juntamente com P4 (Cobertura detrítico-laterítica), exibiram um enriquecimento acentuado de Na^+ , atingindo o ápice de 277,39 mg/L em P2, associado a um decréscimo de Ca^{2+} . Esses resultados hidroquímicos permitiram delimitar localmente o comportamento das unidades geológicas. A Formação Lagoa do Jacaré não apresentou uma assinatura clara, seus dados mostram uma transição completa entre águas carbonatadas e cálcicas puras, já a Formação Serra de Santa da Saudade impõe um limite químico restrito à água subterrânea, se mantendo dentro das fácies bicarbonatadas cálcicas. Por fim, as coberturas com os baixos valores de Mg^{2+} e HCO_3^- corrobora com a ideia da lixiviação dos solos lateríticos e a Formação Serra de Santa Helena tiveram poucos pontos amostrais para definição certa. A análise hidroquímica confirmou a relação entre a composição da água subterrânea e as características litológicas do Grupo Bambuí e de suas coberturas superficiais. O predomínio absoluto do ânion bicarbonato (HCO_3^-) em todas as amostras atesta que a dissolução e o intemperismo químico de rochas carbonáticas exercem o controle regional primário sobre o aquífero. Especialmente, a distribuição dos cátions permitiu segmentar a área de estudo em dois domínios hidroquímicos distintos: a fácies bicarbonatada cálcica-magnesiana, condicionada pelo intemperismo de calcitas e dolomitas nas Formações Serra da Saudade e partes da Lagoa do Jacaré, e a fácies bicarbonatada sódica.

Cromatografia; Íons; Limites geológicos; Titulador;

ÍNDICE DE POTABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (IPAS) DOS SISTEMAS AQUIFEROS DE MATO GROSSO DO SUL (2023-2025)

GUIRRA, Alesson Pires Maciel¹; BLANCO, Luana Ferreira²; GOMES, Ariel Ortiz²; DANIEL, Raphael Borges³; COSTA, Leonardo Sampaio¹; SILVA, Márcia Cristina de Alcântara⁴;

(1) Gerência de Recursos Hídricos - Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) - Campo Grande - MS - Brasil; (2) Programa ProfÁgua - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) - Campo Grande - MS - Brasil; (3) Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) - Campo Grande - MS - Brasil; (4) Unidade de Monitoramento - Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) - Campo Grande - MS - Brasil;

Alesson Pires Maciel Guirra (engeoguirra@gmail.com)

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas em Mato Grosso do Sul é um instrumento estratégico para a gestão integrada dos recursos hídricos, fundamentado na Lei Estadual nº 2.406/2002. Para sintetizar a complexidade dos dados hidroquímicos e facilitar a comunicação técnica, utiliza-se o Índice de Potabilidade da Água Subterrânea (IPAS). Este índice, desenvolvido pela CETESB, funciona como um termômetro da qualidade, avaliando a conformidade da água bruta frente aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde (Portaria GM/MS nº 888/2021).

Objetivos: Avaliar o nível de potabilidade das águas subterrâneas nos sete principais sistemas aquíferos de Mato Grosso do Sul durante o triênio 2023-2025, utilizando a metodologia do IPAS para identificar tendências temporais e vulnerabilidades regionais. Método: A base de dados compreendeu 574 análises físico-químicas e bacteriológicas provenientes de 181 poços outorgados para abastecimento público. O cálculo do IPAS foi realizado pela razão entre o número de amostras conformes e o total de amostras analisadas, multiplicado por 100. Foram avaliados 19 parâmetros, incluindo metais (Al, Fe, Mn, Ni, Cr, Cu, Zn), íons/nutrientes (Nitrato, Nitrito, Fluoreto, Cloreto, Sulfato, Sódio), indicadores físicos (STD, Turbidez, Cor, Dureza) e microbiológicos (Coliformes Totais e *Escherichia coli*). Os resultados foram classificados em faixas de qualidade: Boa (>67%), Regular (33-67%) ou Ruim (≤33%). Resultados: No panorama estadual, o ano de 2024 foi o mais crítico, registrando um IPAS global de 49,99%, com recuperação significativa para 73,13% em 2025. Individualmente, o Sistema Furnas (SAF) destacou-se com 100% de conformidade ao final do triênio. Os sistemas de grande uso, Bauru (SAB), Serra Geral (SASG) e Guarani (SAG), mantiveram IPAS satisfatórios em 2025, com 87,30%, 84,21% e 82,05%, respectivamente. Contudo, os sistemas fraturados e cársticos apresentaram maior fragilidade sanitária: o sistema de calcários (SAPCC) oscilou de 0% de conformidade em 2023/24 para 75% em 2025, enquanto o sistema Pré-Cambriano (SAPC) encerrou o período com apenas 33,33%. As desconformidades mais frequentes foram Coliformes Totais (16,08%), Manganês (3,80%) e *Escherichia coli* (2,45%). A presença de Nitrato (1,92%) e bactérias fécais confirmam a vulnerabilidade de aquíferos livres e fraturados à pressão antrópica, enquanto picos de Alumínio e Dureza Total refletem assinaturas geogênicas naturais das rochas locais. Conclusão: A qualidade das águas subterrâneas em Mato Grosso do Sul é majoritariamente classificada como "Boa", refletindo águas predominantemente doces e de baixa mineralização. Entretanto, a persistência de indicadores microbiológicos em sistemas livres e cársticos valida a necessidade de manutenção rigorosa da proteção sanitária dos poços e a obrigatoriedade da cloração preventiva antes da distribuição para consumo humano, garantindo a segurança hídrica da população.

hidroquímica; monitoramento; Qualidade; Vulnerabilidade;

VARIAÇÕES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUI: ESTIMATIVAS VIA GRACE E GLDAS VALIDADAS POR DADOS DA REDE RIMAS

DA SILVA, Uiele San Martins¹; AFONSO, Marcela da Silva¹; FRANCISCO, Paula Josyane dos Santos¹; DOS SANTOS, Annelise de Almeida Vetromile Lapuente¹; PEREIRA, Emanuele Maidana¹; DA SILVA, Juliana Pertille¹;

(1) Universidade Federal de Pelotas - Pelotas - RS - Brasil;

Uiele San Martins da Silva (uielesm@gmail.com)

Introdução: O monitoramento de águas subterrâneas em larga escala é um desafio global, especialmente sob estresse climático e escassez de dados locais, conforme destacado por Famiglietti (2014) e Rodell et al. (2009). Essa limitação metodológica torna-se evidente em sistemas de grande complexidade hídrica, como a bacia hidrográfica do rio Ibicuí, localizada no estado do Rio Grande do Sul, com uma área de aproximadamente 37.000 km², constitui um importante sistema fluvial interiorano de grande relevância geomorfológica que drena para a bacia do Rio Uruguai. Para contornar a escassez de redes de medição nessas regiões, a missão satelital GRACE e modelos GLDAS emergem como alternativas viáveis (Tapley et al., 2004) para a estimativa do Armazenamento de Água Subterrânea (GWS), visto que compreender essas flutuações fortalece a modelagem hidrogeológica em bacias continentais que exigem controle rigoroso de recarga.

Objetivos: Avaliar a correlação estatística entre as anomalias de armazenamento de águas subterrâneas estimadas por sensoriamento remoto e a carga hidráulica in situ, garantindo a validação estatística nos poços RIMAS no intervalo temporal de 2014 a 2024. **Método:** Os dados de GWS foram extraídos do modelo GLDAS-2.2, resultantes do balanço de água total terrestre gerado pela assimilação de dados da missão GRACE e umidade do solo (Albert et al., 2024). Desses, calcularam-se as anomalias de GWS (subtraindo a média da série histórica). Em paralelo, para a validação estatística, as séries temporais de três poços foram obtidas no sistema RIMAS (Rede Integrada de Monitoramento d'Águas Subterrâneas). Os dados de nível d'água brutos foram referenciados ao nível do mar (descontando a altitude) para obter a carga hidráulica e calcular suas anomalias (Melati et al., 2019). Por fim, no R, essas anomalias remotas (GWS) e in situ (carga hidráulica) referentes ao intervalo temporal de 2014 a 2024 foram correlacionadas estatisticamente pelo teste de Spearman. **Resultados:** As análises revelaram correlações positivas e estatisticamente significativas ($p < 0,001$) entre as estimativas remotas e as medições de campo, com coeficientes de Spearman variando de 0,415 a 0,528. Esse resultado confirma a concordância e a validação estatística entre as anomalias de GWS e os dados in situ do RIMAS, já relatada por Albert et al. (2024). Além disso, as séries temporais demonstraram que o GWS orbital rastreia adequadamente os ciclos sazonais e os extremos climáticos do sistema aquífero no intervalo temporal. Destaca-se a detecção de um severo déficit hídrico entre 2022 e 2023, seguido por uma forte recuperação da carga hidráulica ao longo de 2024. Observou-se ainda uma ligeira defasagem temporal em picos específicos, refletindo o tempo de trânsito e a inércia da infiltração. **Conclusão:** A eficácia da ferramenta espacial é atestada pela sincronia e validação estatística entre as variações detectadas remotamente no intervalo temporal avaliado e as medições dos poços RIMAS. Isso corrobora o alto potencial da integração GRACE e GLDAS no monitoramento hidrológico, já apontado por Albert et al. (2024) e Melati et al. (2019). A metodologia é robusta para suprir lacunas de monitoramento, identificando tendências de depleção e recarga que subsidiam a gestão hídrica e avaliações geomorfológicas da bacia.

Armazenamento Subterrâneo; Correlação de Spearman; Geoprocessamento; modelagem hidrogeológica; Satélite GLDAS 22;

GERENCIAMENTO DE RISCOS CRÍTICOS EM ATIVIDADES DE PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS NA MINERAÇÃO: RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS BASELINE RISK ASSESSMENT E BOWTIE

CARVALHO, Daniel Daniel¹;

(1) Anglo American Minerio de Ferro Brasil - CMD - MG - Brasil;

Daniel Daniel Carvalho (daniel.a.carvalho@angloamerican.com)

Introdução: As atividades de perfuração de poços tubulares profundos utilizadas para o rebaixamento do nível d'água em operações de mineração apresentam elevada complexidade operacional e significativa exposição a riscos críticos. Os principais perigos envolvem equipamentos rotativos, movimentação de cargas, trabalhos em altura, energia elétrica e interação homem-máquina, com potencial para ocasionar lesões graves e fatalidades. Diante desse cenário, a adoção de metodologias estruturadas de gerenciamento de riscos torna-se essencial para a prevenção de acidentes e o fortalecimento da cultura de segurança. **Objetivos:** Apresentar os resultados obtidos com a aplicação das metodologias Baseline Risk Assessment (BRA) e Bowtie no gerenciamento dos riscos críticos associados às atividades de perfuração de poços tubulares profundos em uma operação de mineração, evidenciando os ganhos alcançados após a implementação de controles preventivos e mitigatórios. **Método:** Em 2019 foi conduzida uma Baseline Risk Assessment com a participação de especialistas das áreas operacional, manutenção, segurança e empresa contratada. Os perigos identificados foram avaliados quanto à probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, permitindo a priorização dos cenários críticos. Posteriormente, foi aplicada a metodologia Bowtie para detalhamento das causas, consequências e barreiras de controle associadas aos eventos indesejados. Com base nos resultados, foram implementadas ações de engenharia, substituição e modernização de equipamentos, revisão de procedimentos, capacitação das equipes e monitoramento sistemático das barreiras críticas. **Resultados:** A avaliação de 2019 identificou 29 cenários de risco, dos quais 12 (41,4%) estavam classificados na categoria Alto, representando a principal fonte de exposição a eventos com potencial de fatalidade. Após a implementação das ações definidas pelas metodologias BRA e Bowtie, a reavaliação realizada em 2026 contemplou 18 cenários de risco, não sendo identificado nenhum risco classificado como Alto. Os resultados demonstraram que 61,1% dos cenários foram classificados no grau de risco 14, 27,8% no grau 15, 5,6% no grau 18 e 5,6% no grau 10. Comparativamente ao cenário inicial, observou-se eliminação de 100% dos riscos classificados como Altos e redução de 37,9% no número total de cenários avaliados. A implementação das barreiras críticas aumentou a efetividade dos controles preventivos e mitigatórios, reduziu a probabilidade de ocorrência dos eventos indesejados e fortaleceu a gestão dos riscos críticos da atividade. **Conclusão:** A aplicação integrada das metodologias Baseline Risk Assessment e Bowtie demonstrou elevada eficácia no gerenciamento dos riscos críticos das atividades de perfuração de poços tubulares profundos. A eliminação dos riscos classificados como Altos e a redução da exposição aos cenários mais críticos evidenciam a efetividade das ações implementadas. Os resultados reforçam a importância da gestão baseada em riscos como ferramenta estratégica para prevenção de fatalidades, fortalecimento da cultura de segurança e melhoria contínua do desempenho operacional na mineração. **Baseline Risk Assessment; Bowtie; Gerenciamento de riscos; Perfuração de poços; Segurança operacional;**

GERAÇÃO DE MALHA HÍBRIDA 3D PARA APLICAÇÕES GEOTÉCNICAS EM MINA A CÉU ABERTO UTILIZANDO SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS MULTITEMPORAIS

MAGALHÃES, Celina Cenni de Castro¹; OLIVEIRA, André Paes de¹; RIBEIRO, Marina de Castro Araújo¹; FERNANDES, Rinaldo Afrânio²; JESUS, Matheus Lopes de¹;

(1) Water Services and Technologies - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) Vale S.A. - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Celina Cenni de Castro Magalhães (celina.magalhaes@waterservicestech.com)

Introdução: A construção da malha é uma etapa fundamental da modelagem de fluxo de água subterrânea. Em domínios tridimensionais, o uso de malhas híbridas no FEFLOW permite representar com maior realismo feições geotécnicas complexas. Entretanto, a presença de superfícies que se interceptam constitui um desafio para a geração da malha, exigindo procedimentos de pré-processamento para garantir a consistência geométrica do modelo. **Objetivos:** Apresentar uma metodologia para geração de malha híbrida tridimensional capaz de integrar múltiplas superfícies topográficas e um maciço rochoso danificado associado ao deslocamento de um talude em uma mina a céu aberto, visando subsidiar análises hidrogeológicas de interesse geotécnico. **Método:** Foram integrados os recursos de malha híbrida do FEFLOW a ferramentas externas de processamento de superfícies para condicionamento das geometrias de entrada. O procedimento incluiu a correção de superfícies interceptantes antes da geração da malha, permitindo a integração consistente da topografia original, da topografia atual, da topografia final projetada e do maciço rochoso danificado. Refinamentos locais foram aplicados na região afetada pela instabilidade para aumentar a resolução espacial. Adicionalmente, elementos lineares verticais foram inseridos para representar poços de bombeamento existentes e potenciais poços futuros a serem utilizados em simulações de rebaixamento. **Resultados:** A metodologia permitiu a construção de uma malha tridimensional híbrida capaz de representar simultaneamente diferentes estágios topográficos e o volume do maciço rochoso danificado, preservando a consistência geométrica entre as superfícies. Os refinamentos locais proporcionaram maior detalhamento dos processos de fluxo subterrâneo na área de interesse, enquanto a inserção dos poços possibilitou representação mais fidedigna das respostas hidráulicas associadas a cenários de rebaixamento. A abordagem mostrou-se eficiente para a representação de geometrias complexas típicas de ambientes minerários. **Conclusão:** A integração entre ferramentas de processamento geométrico e os recursos de malha híbrida do FEFLOW permitiu desenvolver uma representação tridimensional consistente das condições hidrogeológicas e geotécnicas da área estudada. A metodologia possibilita a utilização de diferentes condições de superfície em calibrações transientes e simulações preditivas, além da atribuição de propriedades hidráulicas específicas ao maciço rochoso danificado. O método apresenta potencial de aplicação em outros projetos de mineração que demandem a integração de superfícies multitemporais e geometrias complexas em modelos hidrogeológicos voltados ao suporte de análises geotécnicas.

estabilidade de taludes; FEFLOW; malha híbrida; mina a céu aberto; modelagem hidrogeológica;

GROUNDWATER DRAWDOWN IN GEOLOGICALLY COMPLEX MINES: A QUADRILATERO FERRIFERO PIT CASE STUDY

PEREIRA TEODORO SERRI, Maria Isabel¹; OLIVEIRA, Luiz Fernando²; VAZ DOS SANTOS, Lucas Cesar³; SOUZA, Waldson José⁴; CORREA, Edson Leandro⁵; DO LIVRAMENTO SILVA, Igor⁶; SILVEIRA ALVES, Matheus Junio¹;

(1) Vale S.A - Ouro Branco - MG - Brasil; (2) Vale S.A - Contagem - MG - Brasil; (3) Nexa Resources - Vazante - MG - Brasil; (4) Vale S.A - Mariana - MG - Brasil; (5) Vale S.A - Belo Horizonte - MG - Brasil; (6) Progen - Ouro Branco - MG - Brasil;

Maria Isabel Pereira Teodoro Serri (maria.teodoro@vale.com)

Introduction: Groundwater level drawdown is essential for the continuity of deep open-pit mining operations that intersect aquifers. The effectiveness of dewatering systems depends on the hydrogeological and structural characteristics of the rock and can be significantly challenged in geologically complex environments. The studied mine, located in the Quadrilátero Ferrífero (Brazil), has operated since 1812. Mineralization is associated with rocks of the Cauê Fm. and the Gandarela Fm., whose lithological and structural heterogeneity imposes additional challenges to dewatering design and management. The iron formations (IF) show high variability in hydraulic conductivity, from ~0.75 m/day in friable hematites (FH) to ~0.003 m/day in manganeseiferous itabirites (MI). While more permeable units favor higher pumping rates and larger radius of influence, low-permeability lithologies reduce drawdown propagation and may generate perched water tables that may negatively affect slope stability. Additionally, the dolomites (DO) form a heterogeneous karst-fissure aquifer system, where upward groundwater flow has been observed. **Methodology:** An integrated strategy was adopted, combining field investigations, numerical modeling, and optimization of the existing dewatering system. Due to the limited performance of wells installed only within IF, additional wells were designed to intercept the underlying DO, aiming to enhance drawdown in the IF by promoting preferential drainage toward a more transmissive aquifer system. A constructive evaluation of the wells was also conducted to support efficient pumping system design and standardization. In parallel, a performance management framework based on key performance indicators (KPIs) was implemented to improve operational control and system efficiency (EF), by correlating availability (DF), physical utilization (UF), and productivity factor (PF): $EF=DF \times UF \times PF$. The location and depth of the new wells were defined based on the numerical model and electrical resistivity surveys, and the mine's geological model. Screen intervals were established based on geophysical logging and drill cuttings. Aquifer response was assessed through systematic monitoring across different lithologies, and system performance was evaluated over 15 months. **Results and Conclusions:** The results show that wells intercepting DO units improved drawdown within the IF, confirming hydraulic interconnection amongst the aquifer systems. Between Jan/2024 and Dec/2025, drawdown reached approximately 22 meters in FH and about 5 meters in MI, reflecting their contrasting hydraulic conductivities. The KPI-based management enabled continuous performance tracking, identification of operational constraints, recognition of mining-plan interferences with hydraulic systems, and optimization of dewatering performance, resulting in a 60% increase in system efficiency between Oct/2024 and Dec/2025. The results demonstrate that the adopted strategy effectively improved hydraulic conditions for safe mining progression and highlight the importance of combining geological and hydrogeological understanding with optimized system design and performance management in complex environments.

Dewatering in complex geology; Groundwater drawdown; Open-pit iron mine;

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO NO MUNICÍPIO DE TAPES (RS) POR MEIO DO ÍNDICE CCME-WQI

SANHUDO, DANIEL GUNNAR FLORES¹; DA SILVA, JULIANA PERTILLE¹;

(1) Universidade Federal de Pelotas - Pelotas - RS - Brasil;

DANIEL GUNNAR FLORES SANHUDO (danielgfsan@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas constituem importante fonte de abastecimento humano, especialmente em áreas onde o acesso a sistemas públicos é limitado. Embora frequentemente consideradas naturalmente protegidas, aquíferos rasos podem apresentar alterações na qualidade da água decorrentes de características naturais do meio e de pressões antrópicas. Nesse contexto, índices de qualidade da água permitem integrar múltiplos parâmetros físico-químicos em uma única métrica, facilitando a avaliação da potabilidade e o suporte à gestão dos recursos hídricos. **Objetivos:** Avaliar a qualidade das águas subterrâneas utilizadas para consumo humano no município de Tapes (RS), por meio da análise de parâmetros físico-químicos e da aplicação do Índice Canadense de Qualidade da Água (CCME-WQI). **Método:** Foram avaliadas 20 amostras de água subterrânea provenientes de cinco poços monitorados em quatro campanhas. Os parâmetros analisados foram pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), ferro (Fe), manganês (Mn), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), cloretos (Cl^-) e sulfatos (SO_4^{2-}). Os resultados foram comparados aos valores de referência da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017). Posteriormente, foi calculado o Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME-WQI), considerando os fatores Scope (F1), Frequency (F2) e Amplitude (F3). A classificação seguiu as categorias Excellent, Good, Fair, Marginal e Poor. **Resultados:** As principais não conformidades foram observadas para pH, CE, STD, Fe e Mn. Os parâmetros Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- e SO_4^{2-} permaneceram dentro dos limites de referência em todas as campanhas. O índice geral apresentou valor de 69,7, sendo classificado como Fair. Entre as campanhas, os valores variaram de 67,7 a 75,8, com todas enquadradas na categoria Fair. Na avaliação espacial, os pontos P2, P3 e P4 apresentaram classificação Good, com índices entre 87,1 e 93,9, enquanto os pontos P1 e P5 foram classificados como Fair, com valores de 74,9 e 76,2, respectivamente. Os resultados evidenciaram variabilidade espacial da qualidade da água subterrânea na área estudada. **Conclusão:** As águas subterrâneas avaliadas apresentaram qualidade globalmente satisfatória para consumo humano, embora tenham sido identificadas desconformidades pontuais em alguns parâmetros físico-químicos. A aplicação do CCME-WQI permitiu sintetizar as condições de qualidade da água e identificar diferenças entre os pontos monitorados. Os resultados fornecem subsídios para programas de monitoramento e para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos utilizados para abastecimento humano no município de Tapes.

água subterrânea; aquífero costeiro; CCME-WQI; potabilidade; Qualidade da água;

PLANILHA ELETRONICA EDUCATIVA INTRODUZ CONCEITOS DE HIDROGEOLOGIA E POLUIÇÃO DE AQUIFERO NO CICLO BASICO DE CURSOS DE ENGENHARIA

REDA, André Luiz de Lima¹; VANZELLA, Priscila Kayani G.²;

(1) Instituto Mauá de Tecnologia - São Paulo - SP - Brasil; (2) GlobalKey Engenharia Sanitária e Ambiental - Veranópolis - RS - Brasil;

André Luiz de Lima Reda (allreda@uol.com.br)

Introdução: É comum que o exercício das diversas habilitações de Engenharia se associe à transformação, conservação e integridade do ambiente onde a obra se situa ou é operada; onde ficará, obsoleta ou descartada, após a vida útil; ou onde estão os sistemas ambientais que provêm recursos naturais para sua execução. No atual quadro de escassez de recursos e poluição de aquíferos, a literatura mostra riscos severos e globais de desabastecimento e contaminação antrópica dessas reservas (JASECHKO; PERRONE, 2021; KHAN; NEGM, 2026). Isto posto, urge conscientizar futuros engenheiros da importância de proteger aquíferos, mostrando processos ocorridos sob o solo, não visíveis ao cidadão comum, e potenciais impactos à natureza e ao desempenho, sucesso e longevidade das obras. A planilha educativa Excel aqui divulgada, a princípio aplicada nos anos finais de curso das diversas habilitações, mudou-se com a disciplina Introdução à Engenharia Ambiental para o ciclo básico e visa gerar no educando uma consciência ambiental que perdure o curso todo, com impactos na carreira. **Objetivos:** Introduzir conceitos de transporte de poluente no meio poroso subterrâneo, aplicando-os ao caso da advecção de nitrato de fertilizante. Provocar análise crítica do impacto do fenômeno via exercício-modelo aberto a variações na geologia e no poluente, útil tanto ao aprendizado do aluno, quanto para o docente preparar exercícios de avaliação e gabaritos. **Método:** A planilha Excel em código aberto traz o problema mostrando um corte da crosta terrestre com as dimensões relevantes de um aquífero confinado desde seu topo, um teatro erosivo em planalto, que depois acompanha uma vertente costeira de serra e aflora como nascente e único manancial de uma comunidade caiçara. A planilha traz pontos de apoio teórico ao exercício, tais como a Lei de Darcy do escoamento em meio poroso (FEITOSA et al., 2008), com valores do coeficiente de permeabilidade (K, m/s) dos trechos do aquífero: corpos porosos em série, com constituições diferentes (ANDERSON; WOESSNER; HUNT, 2015). Ela é um “gabarito vivo” do exercício – células com dados de entrada em amarelo permitem troca de valores, gerando novos gabaritos auto explicativos (ao mudar um dado, a solução é recalculada para a mudança) – e aborda o transporte de poluente em meio poroso até um alvo ambiental, desafiando o aluno a avaliar consequências práticas e sociais dessa propagação. Ela introduz o fenômeno da advecção de um soluto (aqui, o poluente) a uma velocidade menor que a do solvente (água) – devido à detenção no meio. **Resultados:** O tempo de percurso do poluente até a nascente resulta longo (ex: dois séculos). A avaliação pelo educando do impacto na população abastecida varia: de quem o considera relevante, pois ocorrerá quando a água potável for rara, até quem afirme “200 anos são tempo demais; portanto, não haverá impacto”. Tal diversidade de opiniões é depois discutida em aula, mostrando ao futuro engenheiro a importância de preservar ecossistemas para o futuro. **Conclusão:** A planilha, ao trazer tais práticas e descobertas, gera impacto visível no aluno. A praticidade ao treinar o educando e preparar exercícios didáticos e de avaliação faz dela uma ferramenta importante e versátil, que desperta interesse por estudar Hidrogeologia; em especial em alunos de Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental – mas também em outros.

Aquífero; hidrogeologia; Meio poroso; Poluição; Software didático;

ANALISE DE INCERTEZA APLICADA A MODELOS NUMERICOS DE FLUXOS

JESUS, Matheus Lopes¹; OLIVEIRA, André Paes¹; ALBUQUERQUE, Rafael Cavalcanti¹; MAGALHÃES, Celina Cenni de Castro¹;

(1) Water Services and Technologies - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Matheus Lopes Jesus (matheus.jesus@waterservicestech.com)

Introdução: A análise de incerteza em modelos de fluxo subterrâneo é essencial para avaliar a confiabilidade das previsões, considerando limitações de dados, variabilidade paramétrica e incertezas conceituais. Abordagens baseadas em ensembles permitem representar múltiplas soluções plausíveis, superando a limitação de modelos determinísticos. Neste trabalho, utilizou-se o algoritmo Iterative Ensemble Smoother (IES), implementado no PEST++, para calibração e propagação de incertezas, permitindo a geração de distribuições probabilísticas das cargas hidráulicas e avaliação da não unicidade das soluções. **Objetivos:** Aplicar técnicas de análise de incerteza em modelo numérico de fluxo subterrâneo com uso do PEST++ IES, visando quantificar a variabilidade das cargas hidráulicas e avaliar a confiabilidade preditiva. Também se buscou mapear a incerteza espacial e subsidiar a ampliação da rede de monitoramento em áreas estratégicas, reduzindo incertezas e aprimorando o modelo. **Método:** Foi realizada calibração inversa baseada em ensembles, com geração de múltiplas realizações paramétricas. Cada realização representa um conjunto plausível de parâmetros hidrogeológicos condicionado às observações. Para cada realização, foram simuladas cargas hidráulicas e extraídos indicadores estatísticos (média, desvio padrão e percentis P5–P95). O desvio padrão foi adotado como métrica principal de incerteza, sendo espacializado para identificação de zonas com maior variabilidade e menor confiabilidade. **Resultados:** A incerteza apresentou distribuição heterogênea, controlada pela densidade de dados. As menores incertezas (~0,03 m) ocorreram na porção central, associadas à maior densidade de poços, indicando forte condicionamento pelas observações. Já as maiores (>4,5 m) concentraram-se nas bordas do domínio, em áreas pouco monitoradas e em zonas de transição hidroestratigráfica, onde o modelo é mais sensível às condições de contorno. Nessas regiões, a dependência de hipóteses conceituais é maior. Na sub-bacia do córrego Paramirim, a incerteza variou de 0,03 a 1,5 m, indicando alta confiabilidade para simulação de fluxo. **Conclusão:** A abordagem com PEST++ IES mostrou-se eficaz para quantificar e espacializar a incerteza, incorporando a não unicidade das soluções e fornecendo avaliação probabilística robusta. O modelo apresentou alta confiabilidade em áreas bem monitoradas e menor robustez em regiões periféricas, que devem ser priorizadas no planejamento da rede de monitoramento. A integração entre análise de incerteza e modelagem numérica aprimora a tomada de decisão e a gestão de recursos hídricos.

ensemble; fluxo subterrâneo; incerteza; monitoramento; PEST++ IES;

O CASO DE MONTE AZUL PAULISTA: ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO URBANA POR NITRATO NO SISTEMA AQUIFERO BAURU

BERNARDO, Hemily Julia Barros¹; ALBUQUERQUE FILHO, José Luiz²; VARNIER, Claudia³; CONICELLI, Bruno⁴; TAVARES, Tatiana⁴; NETTO, Leonides Guireli⁵;

(1) Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil; (2) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil; (3) Instituto de Pesquisas Ambientais - São Paulo - SP - Brasil; (4) Universidade Federal de Goiás - Goiânia - GO - Brasil; (5) Universidade Federal de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;

Hemily Julia Barros Bernardo (barrosbernardo.hj@gmail.com)

Introdução O nitrato é um dos contaminantes mais frequentes em aquíferos urbanos, e sua ocorrência está associada principalmente à infiltração de efluentes domésticos e a perdas em sistemas de esgotamento sanitário, com implicações para a qualidade da água subterrânea e a saúde pública. Em 2013, foram registradas concentrações desse contaminante acima do padrão de potabilidade (10 mg/L N-NO_3^-) na área urbana de Monte Azul Paulista, noroeste do estado de São Paulo, resultando na desativação de diversos poços tubulares, o que motivou o estabelecimento de uma Área de Restrição e Controle para a captação e o uso das águas subterrâneas (DAEE, 2013). Posteriormente, estudos conduzidos por Montanheiro & Chang (2016) registraram concentrações superiores de até $19,3 \text{ mg/L}$ de N-NO_3^- , restritas à zona central da área urbana, mais antiga da cidade. O município está assentado sobre o Sistema Aquífero Bauru (SAB), importante fonte de abastecimento de água, constituído por sedimentos do Grupo Bauru sobrepostos aos basaltos que compõem o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG, Montanheiro & Chang, 2016). **Objetivos** O presente estudo tem como objetivo avaliar o cenário atual da contaminação por nitrato no SAB na área urbana de Monte Azul Paulista e comparar os resultados obtidos com os registrados em estudos anteriores. **Método** Foram realizadas três campanhas de amostragem em 26 poços tubulares e três nascentes, abrangendo o início do período chuvoso (outubro de 2024), o período de maior precipitação (fevereiro de 2025) e o início da estiagem (maio de 2025). As amostras foram submetidas a análises hidroquímicas, com foco na determinação das concentrações de nitrato. **Resultados** As concentrações de nitrato variaram entre $0,5$ e $18,4 \text{ mg/L N-NO}_3^-$, indicando a persistência da contaminação por mais de uma década após os primeiros registros e mantendo valores máximos semelhantes aos observados em estudos anteriores. Concentrações enquadradas no Valor de Alerta ($5\text{-}10 \text{ mg/L N-NO}_3^-$) ou superiores ao padrão de potabilidade foram observadas em poços e nascentes localizados predominantemente na região central do município, área mais antiga e onde a implantação da rede de esgoto ocorreu de forma mais precoce. A distribuição espacial das concentrações de nitrato permaneceu estável ao longo das campanhas. Esse comportamento sugere a persistência da contaminação e de suas fontes potenciais, possivelmente associadas a perdas na rede de esgotamento sanitário. Observou-se ainda uma zona periférica com concentrações entre 5 e 10 mg/L N-NO_3^- no entorno da região central mais contaminada, sugerindo a dispersão da contaminação para áreas adjacentes. Uma nascente localizada na região central da cidade apresentou concentrações próximas ao limite de potabilidade ($9,41$ e $9,86 \text{ mg/L N-NO}_3^-$), indicando que a contaminação também pode estar afetando as áreas de descarga do SAB. **Conclusão** A contaminação por nitrato em Monte Azul Paulista persiste há mais de dez anos desde sua identificação. As concentrações máximas e a distribuição espacial da pluma permanecem semelhantes às observadas em estudos anteriores. A comparação com estudos anteriores não evidenciou redução expressiva das concentrações máximas nem da extensão da área impactada, sugerindo ausência de atenuação natural significativa ao longo do período avaliado. Esses resultados reforçam a necessidade de continuidade do monitoramento e da gestão das águas subterrâneas no município.

águas subterrâneas; Área urbana; Contaminação; Nitrato; Sistema Aquífero Bauru;

A IMPORTANCIA DA REGULAÇÃO NA PRESERVAÇÃO DE AQUÍFEROS: AS ÁREAS DE RESTRIÇÃO E CONTROLE DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

SIMÕES, Aila Nunes¹; DOS SANTOS, Karoline Alves¹; SIQUEIRA, Tamiris da Silva¹; GONÇALVES, Filipe Chaves¹;

(1) SP-ÁGUAS - São Paulo - SP - Brasil;

Aila Nunes Simões (aila.simoes@spaguas.sp.gov.br)

Introdução: Diante da alta demanda por recurso hídrico e da escassez estacional no Estado de São Paulo, as águas subterrâneas consolidaram-se como uma reserva estratégica, respondendo por 9% da vazão de captação outorgada, segundo banco de dados da SP-ÁGUAS de maio de 2026. Conforme Moreira e Maças (2003), a regulação engloba um ciclo completo de governança, envolvendo edição de normas e sua execução, fiscalização contínua e sanção de infrações, sendo fundamental na proteção de aquíferos. Sob essa ótica, a Deliberação CRH nº 52/2005 instituiu diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas, cujos exemplos mais notórios aplicam-se à região de Jurubatuba e ao município de Ribeirão Preto. **Objetivos:** Apresentar casos de restrição e controle de águas subterrâneas no Estado de São Paulo e demonstrar a regulação como mecanismo essencial para a salvaguarda de aquíferos vulneráveis ou comprometidos. **Método:** O estudo pautou-se em pesquisa qualitativa e exploratória, baseada em revisão bibliográfica e análise normativa e documental, caracterizando o papel da regulação na preservação dos mananciais subterrâneos. **Resultados:** No Estado de São Paulo, destacam-se duas importantes áreas de restrição e controle, a região de Jurubatuba, regulada pela Deliberação CBH-AT nº 01/2021, e o município de Ribeirão Preto, regulada pela Deliberação CBH-Pardo nº 367/2026. Na Área de Restrição e Controle para a Captação e Uso das Águas Subterrâneas no município de São Paulo (ARC – Jurubatuba), a presença de compostos organoclorados com potencial de efeito adverso à saúde humana exigiu restrições para evitar a expansão da pluma de contaminação (IPT, 2025), estabelecendo regras que limitam a captação para abastecimento ao aquífero cristalino, impõem monitoramento físico-químico e microbiológico da água bruta e determinam a interdição de poços com infiltrações (CBH-AT, 2021). Nas Áreas de Restrição e Controle Temporários para a captação e uso das águas subterrâneas no município de Ribeirão Preto, região urbana e de expansão urbana do município, as restrições decorrem da intensa exploração e expansão do cone de rebaixamento do nível de água do aquífero Guarani. A região foi dividida em três zonas: a zona 1, área interna do polígono, a zona 2, área de maior adensamento urbano e maior exploração, e a zona 3, área de expansão urbana do município. Cada zona possui restrições específicas, que variam desde critérios construtivos até a permissão de novos poços apenas para substituição de estruturas existentes (CBH-PARDO, 2026). A regulação, por meio do órgão gestor de recursos hídricos SP-ÁGUAS, é fundamental para que as restrições sejam respeitadas, por meio de normas, outorgas, fiscalização e monitoramento. Destacam-se ações de aprimoramento estabelecidas pela Agência, como o Sistema Integrado com a CETESB e Vigilância Sanitária, além de metas da Agenda Regulatória 2025-2026, como a expansão das redes de automonitoramento e a atualização de normativos de outorga e fiscalização. **Conclusão:** Os casos de Jurubatuba e Ribeirão Preto demonstram que o monitoramento rigoroso e o zoneamento restritivo são indispensáveis para conter riscos de contaminação química e superexploração quantitativa, e que uma regulação adequada dá suporte e fortalece essas ações. **Aquífero; Áreas de restrição; Palavras-chave:** Águas subterrâneas; Regulação;

VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL DO ARMAZENAMENTO DE AGUA SUBTERRANEA NA BACIA HIDROGRAFICA DO GUAIBA (2002–2024) VIA GRACE E GLDAS 2.2, DURANTE O EVENTO HIDROLOGICO EXTREMO DE 2024

DOS SANTOS, Annelise de Almeida Vetromile Lapuente¹; DA SILVA, Uiele San Martins¹; AFONSO, Marcela da Silva¹; FRANCISCO, Paula Josyane dos Santos¹; PEREIRA, Emanuele Maidana¹; DA SILVA, Juliana Pertille¹;

(1) Universidade Federal de Pelotas - Pelotas - RS - Brasil;

Annelise de Almeida Vetromile Lapuente dos Santos (annelise.lapuente@gmail.com)

Introdução: O Rio Grande do Sul enfrentou uma das maiores catástrofes climáticas de sua história entre abril e maio de 2024. Segundo o IPH/UFRGS, aproximadamente 14,2 trilhões de litros de água foram direcionados ao sistema do Guaíba durante o evento. Este evento provocou enchentes históricas e alterações significativas no ciclo hidrológico. Nesse contexto, os produtos GRACE e GLDAS 2.2, constituem importantes ferramentas para avaliar as variações do armazenamento hídrico em escala regional. A Bacia Hidrográfica do Guaíba possui 85.280 km² com elevada interação entre águas superficiais e subterrâneas, sendo fundamental nos processos de armazenamento hídrico. **Objetivo:** Investigar o impacto da variabilidade no armazenamento de água subterrânea (GWS) da Bacia do Guaíba (2002–2024) via os produtos GRACE e GLDAS2.2, com foco no evento climático de 2024. **Metodologia:** Utilizou-se dados mensais dos produtos GRACE e GLDAS 2.2 para o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2024. Foram selecionados oito pontos correspondentes a oito pixels distintos dos produtos GRACE/GLDAS que interceptam a Bacia Hidrográfica do Guaíba, de modo a representar a variabilidade espacial do armazenamento hídrico subterrâneo na área de estudo. **Resultados:** A análise histórica revelou uma marcada assinatura sazonal no armazenamento subterrâneo, com níveis máximos de GWS fluando tipicamente entre 1350 e 1400 mm nos períodos ordinários de maior precipitação. Contudo, a série é fortemente condicionada por limiares antagônicos de extremos hidroclimáticos. Durante as estiagens severas registradas em 2004–2005, 2012 e 2022, a ausência prolongada de chuvas provocou uma recessão sustentada no aquífero, rebaixando os estoques de GWS para marcas próximas ao mínimo histórico de 1100 mm. Em contraste absoluto, o evento extremo de inundação de 2024 promoveu uma inversão abrupta desse cenário: o volume excepcionalizado de chuva saturou rapidamente a zona não saturada e gerou um pico anômalo e verticalizado de armazenamento. Na comparação direta, enquanto as estiagens de 2012 e 2022 se caracterizaram por um processo lento e cumulativo de esvaziamento das reservas (decomposição por déficit de infiltração ao longo de meses), a enchente de 2024 operou como um pulso de recarga de alta energia de curto prazo, superando a capacidade de amortecimento do meio poroso local. Estatisticamente, a correlação de Spearman indicou associações positivas e significativas em todos os pontos (entre 0,277 e 0,368), evidenciando que a resposta do GWS possui uma defasagem temporal (lag time) regulada pela infiltração profunda. Especialmente, os setores norte e nordeste apresentaram respostas mais acentuadas ao pulso de 2024, enquanto a porção meridional, adjacente à Planície Costeira, exibiu maior amortecimento e lentidão na dissipação do volume armazenado. **Conclusão:** Os resultados confirmam a influência da precipitação sobre a dinâmica do armazenamento de água subterrânea na Bacia Hidrográfica do Guaíba e demonstram que eventos extremos, como a enchente de 2024, produzem impactos expressivos nos estoques hídricos regionais. A integração entre GRACE e GLDAS 2.2 apresenta eficiência no monitoramento das variações espaço-temporais do armazenamento hídrico, compõem uma ferramenta promissora para estudos hidrogeológicos e para o acompanhamento de eventos climáticos extremos.

água subterrânea; Bacia Hidrográfica do Guaíba; GLDAS 2.2; GRACE; precipitação;

HIDROGEOLOGIA DE BACIAS ON SHORE NA MARGEM EQUATORIAL BRASILEIRA: BACIA COSTEIRA BRAGANÇA-VISEU

*IMBIRIBA JUNIOR, Manoel¹; TEIXEIRA, Sheila Gatinho¹; PINHEIRO, Fhabio Glayson Reis¹; MELO JUNIOR, Homero Reis¹; SARMENTO, Rosilene do Socorro Oliveira¹;
(1) SGB-CPRM - Belém - PA - Brasil;*

Manoel Imbiriba Junior (manoel.imbiriba@sgb.gov.br)

Introdução: A Bacia Bragança-Viseu está inserida na região NE do estado do Pará, sendo um rift da margem Atlântica que se formou no Cretáceo e abrange cerca de 5000 km² da área (Geodiversidade do NE do Pará, 2020). Segundo Aranha (1990) a sequência cretácea, não aflora na área, representada pelas unidades litoestratigráficas: Formação Bragança, Formação Codó, Grajaú e Formação Itapecuru. Na década de 60, a PETROBRÁS perfurou dois poços estratigráficos em Augusto Correa: em Vila Nova1: 2VNST0001 PA, profundidade de 2067 metros, dentro do embasamento. Outro em Emboraí Grande: 2EGST0001 PA, profundidade de 2100,5 metros, sem atingir o embasamento. O SGB, a SEICOM desenvolveram em 1998, o Programa de Integração Mineral em Municípios da Amazônia – PRIMAZ como uma forma de estudos integrados dos recursos minerais, hídricos e ambientais com os diversos segmentos das áreas sociais, econômicas e de infra-estrutura. Em Augusto Correa a Unidade Aquífera, são sedimentos siliciclásticos terciários do grupo Barreiras, areiais e aluviões atuais e sub-atuais Pós-Barreiras. A água é explotada por poços de 120 metros de profundidade. Em Bragança o abastecimento d'água fica no rio Chumucuí. **Objetivos:** Monitorar as águas do aquífero Grajaú. Classificar hidroquimicamente o aquífero Grajaú Estimar a recarga da chuva do Grajaú. **Método:** O PATAL foi construído em Augusto Correa, com 100 metros de profundidade. O poço CAMUTÁ foi construído em Bragança, com 100 m de profundidade. O poço EMBORAÍ GRANDE foi perfurado à beira da BR-308, Km 42, em de Augusto Correa, com 201,7 m de profundidade. **Monitoramento quali-quantitativo:** hoje faz-se uma leitura/ano para extração de dados. Os Estudos de Recarga foram feitos por método da flutuação do nível do lençol freático dos poços da RIMAS. **Resultados:** O PRIMAZ (1997) realizou analisou as águas de Augusto Correa com o Diagrama de Piper, as águas subterrâneas foram classificadas como cloretada sódica. O Patal apresentou NE=4,50metros, ND=25,50metros, VEspecífica=0,222m³/h/m e VEstabilização=4,67m³/h. Os resultados das águas in situ em 24/04/2026, com pH=7,36; CE=3.540MS/cm; T=27,6°C; Tanto o pH e CE continuam fora dos padrões hidroquímicos do aquífero Grajaú. O Emboraí Grande apresentou NE=21,87m, ND=102,47m, VEspecífica=0,047 m³/h/m e VEstabilização=3,75m³/h. Os resultados em 27/04/2026, deu pH=4,12; CE=76MS/cm; T=29,8°C; O Camutá, apresentou NE=4,32metros, ND=26,89metros, VEspecífica=0,147 m³/h/m; VEstabilização=3,32m³/h. As análises feitas em 28/04/2026, apresentou pH=3,90; CE=43MS/cm; T=28,6°C. Conforme a Geodiversidade da Costa NE do Pará (SGB 2020), a área está no Domínio dos sedimentos cenozoicos pouco a moderadamente consolidados, associados a tabuleiros. A Hidrogeologia correspondente ao aquífero Barreiras, apresenta-se de natureza livre, vazões de 10 a 70 m³/h e o Ferro fora do padrão da Portaria 2914/2011 MS. **Conclusão:** Nos perfis litológicos da PETROBRÁS, o Grajaú tem espessura de 500 metros sendo livre nos seus primeiros 100m. O Patal apresentou problemas quanto a qualidade da água (CE alta). Deve-se continuar a investigação. No cálculo de recargas anual por meio da aplicação da flutuação do nível d'água subterrânea (Meizer, 1923), o Emboraí Grande teve recarga total=10,87%. O Patal apresentou recarga total=17%. Em de abril 2026, foram coletadas águas dos três poços e enviadas ao LAMIN Manaus. Os resultados serão atualizadas a classificação das águas no Qualigraph. As amostras de δ18O e δ2H serão analisadas na AIEA

águas subterrâneas; Aquífero Grajaú; Bacia Bragança-Viseu; RIMAS;

ANOMALIA NO ARMAZENAMENTO DE AGUA TERRESTRE VIA MISSOES GRACE NA BACIA TAQUARI-ANTAS (RS): RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO E EVENTOS EXTREMOS

DA SILVA AFONSO, Marcela¹; SAN MARTINS DA SILVA, Uiele¹; DE ALMEIDA VETROMILE LAPUENTE DOS SANTOS, Annelise¹; DOS SANTOS FRANCISCO, Paula Josyane¹; MAIDANA PEREIRA, Emanuele¹; PERTILLE DA SILVA, Juliana¹; DA SILVA TERRA, Fabrício²;

(1) Universidade Federal de Pelotas - Pelotas - RS - Brasil; (2) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Diamantina - MG - Brasil;

Marcela da Silva Afonso (marcelamafonso@yahoo.com.br)

Introdução: A bacia hidrográfica Taquari-Antas é localizada no nordeste do Rio Grande do Sul (RS), possui área de 26.430 km² e população estimada de 1.383.442 habitantes. Como uma das regiões mais afetadas pelas cheias de 2023 e 2024 no RS, a bacia tornou-se uma área prioritária para a investigação hidrológica e hidrogeológica. Dessa forma, a bacia é composta por vários sistemas aquíferos, sendo que os principais são os sistemas Serra Geral I e II (SASG), que variam de baixa a alta produtividade. A investigação das águas subterrâneas presentes nesta bacia pode ser realizada através de métodos de Sensoriamento Remoto, como a Missão Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE). O GRACE mede a anomalia de armazenamento de água terrestre (TWSA), a qual é composta pelas anomalias de água superficial, subterrânea, umidade do solo, neve e água presente no dossel das plantas. Portanto, o TWSA pode ser utilizado para estudos que objetivam entender a dinâmica das águas subterrâneas em um dado local, assim como sua relação com a precipitação. **Objetivos:** Encontrar a relação da anomalia de água terrestre com a água subterrânea na bacia e analisar a correlação entre a anomalia de armazenamento de água e sua relação com a precipitação em diversos pontos da bacia; **Método:** Foram utilizados os dados de anomalia de altura de água (cm) provenientes da coleção de imagens GRACE Monthly Mass Grids Version 04 - Global Mascon (CRI Filtered). Os dados de anomalia de precipitação (mm/h) utilizados são da coleção GPM: Monthly Global Precipitation Measurement (GPM). Para análise das anomalias, foi gerada a mediana da série histórica (2002-2024) da altura de água terrestre e da precipitação para toda a bacia Taquari-Antas. Também foram geradas medianas da coleção histórica para cada pixel do GRACE na bacia, totalizando mais 3 pontos (pixels) de análise. Para correlação dos dados, foi realizado o teste de normalidade Shapiro-wilk, e foram realizadas as correlações pelo método de Spearman, no software Rstudio. Ao final, foram realizados testes de defasagem (lag) para verificar a resposta da anomalia de água terrestre em relação à precipitação. **Resultados:** Picos de anomalias referentes aos períodos de abril/maio de 2024 e setembro de 2023 foram observados, mostrando que o GRACE pode detectar eventos extremos em bacias de médio porte, como a Taquari-Antas. A relação das anomalias totais da bacia de altura de água e precipitação foi significativa, positiva e moderada (p-value= 1.743e-11, rho=0.428). Portanto, anomalias de chuva foram significativamente associadas a maiores volumes acumulados de água. A análise de defasagem (lag) mostrou que a correlação diminuiu quando a precipitação foi atrasada em um ou dois meses, evidenciando que a resposta da água terrestre ocorreu de forma quase imediata às chuvas. O pixel 3, localizado no aquífero SASG I, apresentou a maior correlação com a precipitação (0.532), enquanto os pixels 1 e 2, localizados no aquífero SASG II, obtiveram correlações de 0.419 e 0.474, respectivamente. Os valores considerados moderados de precipitação sugerem que a produtividade do aquífero SASG II influenciou a variação de água terrestre na bacia, porém, também existiram diferenças vinculadas à geologia e aos padrões estruturais do SASG. **Conclusão:** Pode-se concluir que a missão GRACE pode ser utilizada para análise da dinâmica da água subterrânea na bacia Taquari-Antas e sua relação com a precipitação e eventos extremos.

; águas subterrâneas; Eventos extremos; sensoriamento remoto;

HIDROGEOQUIMICA DO SISTEMA AQUIFERO CENOZOICO (SAC) DA FORMAÇÃO CACHOEIRINHA EM MATO GROSSO DO SUL

GUIRRA, Alesson Pires Maciel¹; BLANCO, Luana Ferreira²; GOMES, Ariel Ortiz²; DANIEL, Raphael Borges³; COSTA, Leonardo Sampaio¹; SILVA, Márcia Cristina de Alcântara⁴;

(1) Gerência de Recursos Hídricos - Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) - Campo Grande - MS - Brasil; (2) Programa ProfÁgua - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) - Campo Grande - MS - Brasil; (3) Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Campo Grande - MS - Brasil; (4) Unidade de Monitoramento - Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) - Campo Grande - MS - Brasil;

Alesson Pires Maciel Guirra (engeoguirra@gmail.com)

Introdução: A Formação Cachoeirinha (ENch) no Mato Grosso do Sul é composta por sedimentos inconsolidados areno-argilosos e areias mal selecionadas com cascalho, cobrindo áreas no extremo nordeste do estado. Hidrogeologicamente, é classificada como um aquífero livre, poroso e contínuo. Embora desempenhe um papel fundamental na regulação da recarga para sistemas subjacentes, o Mapa Hidrogeológico de Mato Grosso do Sul (Abreu et al., 2024) destaca uma lacuna crítica de conhecimento, informando a inexistência de dados sobre a qualidade química dessas águas. **Objetivos:** O presente trabalho visa caracterizar a hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Cenozoico (SAC) em Mato Grosso do Sul, suprimindo a carência de informações técnicas identificada na cartografia hidrogeológica oficial e correlacionando os parâmetros físico-químicos com a litologia da unidade. **Método:** Os dados foram coletados através dos sistemas SIRIEMA e PIN-MS (IMASUL), selecionando poços tubulares com perfil construtivo e litológico restrito à Formação Cachoeirinha. Foram analisados laudos de 2025 referentes ao automonitoramento, abrangendo 22 parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. O tratamento estatístico incluiu o cálculo de mínimo, máximo, média, mediana e desvio padrão. Para resultados abaixo do Limite de Quantificação (L.Q.), utilizou-se o critério normativo de LD/2 para fins de cálculo. **Resultados:** As análises demonstram que o SAC possui águas de baixíssima mineralização, com média de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) de 21,50 mg/L e Condutividade Elétrica de 12,36 µS/cm. O pH médio de 6,56 (mínimo de 5,20 e máximo de 8,00) reflete a natureza silicática dos sedimentos inconsolidados. A Alcalinidade Total (média 0,62 mg/L) e a Dureza Total (média 5,00 mg/L) classificam essas águas como extremamente brandas ("moles"), evidenciando um baixo tempo de residência e reduzida capacidade de tamponamento. Em relação à potabilidade (Portaria GM/MS nº 888/2021), todos os metais analisados, como Alumínio (máx. 0,05 mg/L), Ferro (máx. 0,21 mg/L) e Manganês (<0,01 mg/L), mantiveram-se em conformidade, sem anomalias geogênicas detectadas. O Nitrato apresentou valores ínfimos (média 0,19 mg/L), indicando que os pontos monitorados estão preservados de impactos por esgotos ou fertilizantes. **Conclusão:** O Sistema Aquífero Cenozoico fornece água bruta de excelente qualidade hidrogeoquímica, caracterizada por ser doce, muito mole e pouco mineralizada. Sua composição é controlada pela lixiviação natural de sedimentos silicáticos, resultando em águas "jovens" no ciclo hidrológico. Contudo, sua condição de aquífero livre e raso impõe alta vulnerabilidade natural, exigindo rigorosa proteção sanitária. Este estudo preenche a lacuna de conhecimento do Mapa Hidrogeológico de 2024, validando a excelência química deste manancial estratégico para Mato Grosso do Sul.

Águas Jovens; Baixa Mineralização; potabilidade; Sedimentos;

COMPARTIMENTAÇÃO ESPACIAL E EVIDÊNCIAS PRELIMINARES DE ATENUAÇÃO NATURAL EM ÁREA CONTAMINADA POR HIDROCARBONETOS SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

DAMACENO, Flávia de Oliveira¹; MIRANDA, André Gomes Bessa¹; BANDEIRA, Beatriz Dias¹; LINHARES, Matheus Alves¹; CASTAÑO, Diana Carolina Duque¹; COSTANZO, Caetano Pontes¹; DA SILVA, Érico Fernanda Lopes Pereira¹; NAKAYAMA, Cristina Rossi¹; BARCELLOS, Diego¹; DE FREITAS, Juliana Gardenalli¹;

(1) UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO - São Paulo - SP - Brasil;

Flávia de Oliveira Damaceno (damaceno.flavia@unifesp.br)

Introdução: A remediação sustentável de áreas contaminadas por hidrocarbonetos tem impulsionado o uso de abordagens baseadas em processos naturais de degradação de contaminantes. Nesse contexto, a atenuação natural destaca-se como alternativa promissora para o gerenciamento de áreas impactadas, especialmente em ambientes onde fatores hidrogeoquímicos e ecológicos favorecem a redução natural da massa contaminante (CONCAVE, 2020). A compreensão da heterogeneidade espacial e da influência da cobertura vegetal torna-se fundamental para avaliação desses processos em campo. **Objetivos:** Avaliar evidências de atenuação natural em uma área contaminada por hidrocarbonetos, por meio da integração de dados de solo, água subterrânea e vapores do solo em células experimentais sob diferentes coberturas vegetais. **Método:** A área de estudo foi compartimentada em três células experimentais. As células 1 e 2 encontram-se sob vegetação florestal, remanescente de Mata Atlântica, sendo caracterizadas por maiores e menores concentrações de contaminantes dissolvidos, respectivamente. A célula 3 apresenta cobertura caracterizada como faixa antrópica de transição. Foram avaliados dados de BTEX e hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) em solo, monitoramento de água subterrânea em diferentes transectos hidráulicos e análises de vapores do solo por método TO-17. A interpretação dos resultados considerou a distribuição espacial das concentrações ao longo das linhas de fluxo subterrâneo e as diferenças entre as tipologias vegetais presentes na área. **Resultados:** Os resultados indicaram heterogeneidade espacial consistente entre as células estudadas, com maiores concentrações associadas à célula 1 e redução progressiva das concentrações ao longo do fluxo subterrâneo em direção às zonas de saída. As análises integradas de solo, água subterrânea e vapores permitiram identificar padrões compatíveis com processos naturais de dissipação e transformação dos contaminantes. A compartimentação espacial da área evidenciou diferenças entre regiões sob vegetação florestal e áreas com cobertura de gramíneas, sugerindo potencial influência das condições ambientais e da cobertura vegetal na dinâmica dos hidrocarbonetos. Os resultados obtidos reforçam a relevância da integração de múltiplas linhas de evidência para compreensão dos mecanismos naturais atuantes em áreas contaminadas por hidrocarbonetos leves. **Conclusão:** A abordagem integrada adotada permitiu identificar evidências preliminares de atenuação natural em diferentes compartimentos da área estudada. A combinação entre monitoramento de solo, água subterrânea e vapores mostrou-se adequada para avaliação espacial da dinâmica de contaminantes, contribuindo para o entendimento de processos naturais de remediação e para futuras aplicações relacionadas à atenuação natural em áreas contaminadas.

atenuação natural; hidrocarbonetos; Remediação;

USO DE GEOTECNOLOGIAS NA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CANGUARETAMA-RN

MOREIRA, Melquisedec Medeiros¹; MEDEIROS, Lucas Oliveira de²; ARRAES, Kátia Alves³; DINIZ FILHO, José Braz²;

(1) MCTI - Natal - RN - Brasil; (2) UFRN - Natal - RN - Brasil; (3) INPE - Natal - RN - Brasil;

Melquisedec Medeiros Moreira (melquisedec.moreira@inpe.br)

Introdução: O Município de Canguaretama, localizado no litoral sul do Rio Grande do Norte, possui abastecimento realizado principalmente por meio da exploração de águas subterrâneas do Sistema Aquífero Barreiras, distribuídas através de poços públicos. O aquífero apresenta comportamento predominantemente semiconfinado, podendo ser livre em condições locais em função da ausência de camadas espessas de argila intercaladas aos sedimentos arenosos. A área de estudo possui mais de 30 poços tubulares cadastrados, entre ativos, inativos e substituídos, concentrados na zona urbana do município. **Objetivos:** Identificar áreas favoráveis à locação de poços tubulares por meio da integração de dados hidrogeológicos e ferramentas de geotecnologias, visando aumentar a probabilidade de obtenção de vazões adequadas e minimização de riscos de contaminação das águas subterrâneas. **Método:** Foram utilizados Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para integrar informações provenientes dos poços tubulares, dados hidrogeológicos, mapas geológicos, imagens de satélite e informações de uso e ocupação do solo. Os dados de poços permitiram avaliar parâmetros como profundidade, perfil litológico, nível estático e vazão. A análise espacial foi empregada para identificar padrões de distribuição das variáveis hidrogeológicas e áreas com potencial para implantação de novas captações. Paralelamente, imagens de sensoriamento remoto serviram na caracterização de possíveis fontes de contaminação e restrições ambientais. **Resultados:** A integração dos dados permite identificar áreas com maior potencial hidrogeológico para perfuração de novos poços no Sistema Aquífero Barreiras. As análises espaciais contribuíram para a compreensão da distribuição das características produtivas dos poços existentes, auxiliando na redução das incertezas relacionadas à locação de novas captações. Além disso, a interpretação de imagens de satélite possibilitou o reconhecimento de potenciais fontes de contaminação, como postos de combustíveis, atividades industriais, áreas sem saneamento básico, atividades agropecuárias e lagoas de estabilização, permitindo a incorporação de critérios de proteção da qualidade da água ao processo de seleção das áreas. **Conclusão:** A utilização integrada de SIG, sensoriamento remoto e informações hidrogeológicas mostrou-se eficiente na identificação de áreas favoráveis à locação de poços em Canguaretama. A metodologia permitiu avaliar simultaneamente o potencial produtivo do aquífero e os fatores de vulnerabilidade ambiental, contribuindo para uma tomada de decisão mais segura e tecnicamente fundamentada. Dessa forma, as geotecnologias constituem ferramentas importantes para o planejamento e a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos do Sistema Aquífero Barreiras.

Aquífero; Argila; Geotecnologias; POÇOS; SIG;

VULNERABILIDADE GOD NAS POÇÕES LESTE E SUL MARANHENSE E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS.

*PINHEIRO, Karina Suzana Feitosa¹; LUNGUINHO, Rony Lopes¹; SOUSA, Cláudio José Silva¹;
(1) Universidade Estadual do Maranhão - São Luís - MA - Brasil;*

Karina Suzana Feitosa Pinheiro (karinapinheiro@professor.uema.br)

Introdução O Maranhão apresenta grande parte de seu território assentado sobre rochas sedimentares, que possuem condições favoráveis ao armazenamento e à circulação de águas subterrâneas. No entanto, a qualidade desse recurso hídrico está sujeita às influências do uso e ocupação do solo, os quais podem favorecer processos de contaminação das águas subterrâneas. Nesse contexto, o presente trabalho investiga a contaminação de aquíferos nas porções leste e sul maranhense por meio do Método GOD (Foster e Hirata, 2002), baseado no grau de confinamento, litologia e profundidade do nível freático. Metodologia Foram utilizados dados hidrogeológicos do SIAGAS/SGB e da SEMA, referentes ao período de 2014 a 2019, incluindo localização dos poços, profundidade, vazão, níveis estático e dinâmico, além das características litológicas dos aquíferos. A vulnerabilidade foi determinada pelo método GOD (Foster e Hirata, 1988; CPRM, 2018; Hirata et al. 2006; Ait Lahssai, I. et al., 2024), que integra o grau de confinamento, a litologia da zona não saturada e a profundidade do nível freático, classificando os aquíferos em cinco categorias: insignificante, baixa, moderada, alta e extrema. Os parâmetros hidráulicos e o índice de vulnerabilidade foram analisados espacialmente em ambiente SIG (QGIS), utilizando interpolação pelo Inverso do Quadrado da Distância (IQD) para representar a distribuição espacial das variáveis. Resultados Foram identificados 1.578 poços na porção leste e 441 poços na porção sul do Maranhão. As maiores concentrações ocorreram nos municípios de Tutóia, Chapadinha e Coelho Neto, na porção leste, e em Balsas, na porção sul. As profundidades dos poços variaram entre 10 e 231 m na porção leste e ultrapassaram 575 m na porção sul. Os maiores valores observados na região sul estão associados ao contexto geomorfológico de chapadas e às unidades sedimentares Sambaíba, e, Piauí e Poti, que favorecem a ocorrência de aquíferos profundos e, em alguns casos, confinados. Em contrapartida, áreas da porção leste apresentam aquíferos mais rasos e maior predominância de sedimentos arenosos relacionados ao Grupo Barreiras, favorecendo processos de recarga e maior suscetibilidade à contaminação. Os níveis estáticos e dinâmicos evidenciaram que áreas com superfície freática mais próxima da superfície apresentam maior vulnerabilidade, devido à reduzida espessura da zona não saturada. Os resultados do índice GOD indicaram variações espaciais significativas, refletindo a influência conjunta da profundidade dos aquíferos, do grau de confinamento hidráulico e das características litológicas regionais. Conclusão A aplicação do método GOD permitiu identificar áreas com diferentes graus de vulnerabilidade natural à contaminação nas porções leste e sul do Maranhão. Os resultados demonstram que a vulnerabilidade está diretamente relacionada às condições geológicas e hidrogeológicas locais, especialmente à litologia, profundidade do nível freático e tipo de aquífero. Áreas associadas a aquíferos rasos e formações predominantemente arenosas apresentaram maior suscetibilidade à contaminação, enquanto aquíferos profundos e confinados demonstraram maior proteção natural. O estudo fornece subsídios para o planejamento ambiental, a gestão dos recursos hídricos subterrâneos e a definição de áreas prioritárias para monitoramento e conservação.

Estado do Maranhão; Método GOD; Planejamento Ambiental; Vulnerabilidade de aquífero;

ÁREAS CONTAMINADAS COMPLEXAS COM CLOROETENOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

LAPICCIRELLA, EMANUEL¹; BERTOLO, REGINALDO²; LUCENA, LARISSA²; CONICELLI, BRUNO¹; HARDT, ANA³;

(1) Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS) - SÃO PAULO - SP - Brasil; (2) Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS) - São Paulo - SP - Brasil; (3) Biotita Hidrogeologia e Meio Ambiente Ltda - SÃO PAULO - SP - Brasil;

EMANUEL LAPICCIRELLA (emanuel.lapiccirella@gmail.com)

INTRODUÇÃO A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), localizada na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT), é a principal aglomeração urbana da América do Sul e tem o maior complexo industrial do Brasil. O cenário de contaminação existente é típico de metrópoles industrializadas, onde a alta demanda por água subterrânea se soma à vulnerabilidade dos aquíferos frente a práticas industriais inadequadas. Em regiões com múltiplas fontes de contaminação, a identificação das fontes e dos responsáveis torna-se mais complexa, dificultando a solução do problema. A ocorrência de fontes multipontuais, associada às características geológicas e ao tipo de contaminante, são fatores que caracterizam Áreas Contaminadas Complexas (ACC). Atualmente, as investigações ambientais se restringem às porções mais rasas dos aquíferos, havendo poucos estudos dos horizontes mais profundos do aquífero Cristalino. Nesse contexto, a identificação das ACC pode contribuir para o gerenciamento da contaminação e da qualidade das águas dos aquíferos. **OBJETIVOS** Este trabalho deve identificar as principais ACC na RMSP visando direcionar um gerenciamento adequado: integrado e adaptativo, para cada ACC. **MÉTODO** A identificação das ACC considerou a combinação de três fatores: a complexidade geológica da RMSP, caracterizada pela sobreposição dos sedimentos da Bacia de São Paulo ao embasamento Cristalino; a ocorrência de áreas contaminadas por cloroetenos, compostos persistentes e altamente tóxicos; e a densidade de ocorrência dessas áreas, configurando localmente fontes multipontuais de contaminação. Tendo como referência inicial as Regiões Prioritárias para Identificação de Áreas Contaminadas definidas pela Resolução SMA nº 11/2017: Barra Funda, Mooca, Chácara Santo Antônio e Jurubatuba, a análise foi realizada utilizando-se o mapa de Áreas Contaminadas e Reabilitadas da CETESB, com filtro para contaminantes halogenados, e pelo mapa de Áreas de Elevado Potencial de Contaminação da BAT, permitindo identificar densidades relevantes de áreas potenciais de contaminação e de áreas confirmadas como contaminadas por cloroetenos. **RESULTADOS** Foram identificadas 347 áreas contaminadas por cloroetenos em São Paulo. As maiores densidades de áreas ocorrem em Jurubatuba, Chácara Santo Antônio, Itaim Bibi, Barra Funda, Lapa, Vila Leopoldina, Mooca, Ipiranga, Sacomã e Jaguaré. Em Guarulhos foram registradas 42 áreas. No ABCD Paulista destacam-se São Bernardo do Campo (39 áreas), Diadema (33), Santo André (28) e São Caetano do Sul (10). Em Mauá foram identificadas 16 áreas. Osasco, Suzano, Cotia, Embu e Carapicuíba também apresentam ocorrências relevantes. Em cada município foi verificado que as ACC ocorrem em bairros específicos. No caso de São Paulo, as Regiões Prioritárias definidas pela SMA nº 11 podem ser subdivididas em unidades menores de ACC. Barra Funda, por exemplo, pode ser subdividida em Vila Leopoldina, Lapa e Barra Funda. Na Vila Leopoldina, por exemplo, ocorrem 10 áreas contaminadas por cloroetenos em um raio aproximado de 400 metros. O cruzamento entre os mapas de Áreas de Elevado Potencial de Contaminação e de áreas contaminadas por cloroetenos indica que a identificação de ACC pode estar subestimada em municípios altamente industrializados, como Osasco. **CONCLUSÃO** Foram discretizadas ao menos 20 ACC na RMSP. A delimitação das ACC na RMSP permite direcionar um gerenciamento adequado: integrado e adaptativo, para cada ACC, visando a gestão da qualidade das águas do aquífero Cristalino. Aquífero Cristalino; Áreas Contaminadas Complexas; Cloroetenos; Região Metropolitana de São Paulo;

DISTINÇÃO ENTRE A INFLUENCIA DO DEFICIT HIDRICO NATURAL E DO REBAIXAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA NOS RECURSOS HIDRICOS NO ENTORNO DE EMPREENDIMENTOS MINERARIOS

XAVIER, Ana Carolina Ferreira¹; FERNANDES, Leonardo Vaz de Faria¹; SANTA BÁRBARA, Mariane Martins Ferreira¹; RAMOS, Maria Luiza¹; FERNANDES, Rinaldo Afrânio¹; MAGALHÃES, Celina Cenni de Castro²;

(1) Vale S/A - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) Water Services and Technologies - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Ana Carolina Ferreira Xavier (anacgeo@gmail.com)

Análises quantitativas dos impactos aos recursos hídricos causados pelo rebaixamento do nível d'água em empreendimentos minerários são extremamente importantes para balizar processos de licenciamento ambiental, bem como orientar ações mitigatórias ainda de forma preditiva em relação às operações. Uma das variáveis mais importantes para análise dos impactos quantitativos aos cursos d'água trata-se da recarga dos sistemas aquíferos contemplados na área estudada, a qual é estimada com base nos históricos de dados de chuva coletados. Por serem utilizadas visando análises futuras, associadas a projeções de lavra, dificilmente as taxas de recarga adotadas conseguem representar, com previsibilidade efetiva, eventos como aumento e/ou escassez pluviométrica. Frente a isso, o presente estudo teve como objetivo analisar, a partir de modelagem hidrogeológica numérica, o comportamento dos recursos hídricos em dois cenários distintos: um considerando o bombeamento e outro desconsiderando o bombeamento e focando na influência do déficit hídrico natural registrado na região onde insere-se a mina em apreço. O segundo cenário permitiu verificar apenas o efeito das variações climatológicas nos cursos d'água. Tal metodologia, acrescida à atualização do modelo conceitual a partir novos dados de geologia e monitoramento, permitiu diferenciar as reduções de vazão associadas às chuvas anuais consecutivas abaixo da média histórica e à operação dos poços de rebaixamento.

Impactos aos recursos hídricos; modelo hidrogeológico conceitual; Simulações numéricas;

CONECTIVIDADE HIDROGEOLOGICA EM AQUIFERO FRATURADO POR TRAÇADOR FLUORESCENTE TINOPAL CBSX: CASO DE RIO QUENTE (GO)

*DA GAMA, Felipe Abbas¹; BERTACHINI, Maurício Nicolau de Assis¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio²; FIUSA, Matheus de Castro²; ASSUNÇÃO, Pedro Henrique da Silva²; GONÇALVES, Neide Aparecida Tavares Santos³; FERREIRA, Victor Afonso Mendes de Oliveira³;
(1) MDGEO - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) UFMG - Belo Horizonte - MG - Brasil; (3) AVIVA - Rio Quente - GO - Brasil;*

Felipe Abbas Da Gama (felipe.abbas@mdgeo.com.br)

Introdução: O uso de traçadores corantes é uma ferramenta eficaz para avaliar caminhos preferenciais de fluxo, conectividade hidráulica e tempos de trânsito em aquíferos fraturados, especialmente em sistemas hidrogeológicos complexos. **Objetivo:** Este trabalho teve como objetivo avaliar a conectividade hídrica subterrânea na região de Rio Quente (GO), por meio da aplicação do traçador óptico Tinopal e da interpretação das curvas de restituição obtidas em pontos de monitoramento a jusante. **Método:** O monitoramento foi realizado em três pontos estratégicos, denominados P01, P02 e P03, utilizando amostradores de carvão ativado como fluocaptor da passagem cumulativa do traçador pelos pontos. As amostras foram submetidas à secagem em estufa a 200 °C por 30 minutos, seguida de eluição com solução de hidróxido de potássio (KOH) a 5%. As leituras das concentrações foram realizadas em fluorímetro de campo GGUN-FL30, permitindo a construção das curvas de restituição do traçador. **Resultados:** As curvas de restituição obtidas revelaram a detecção inequívoca do traçador, registrando picos de concentração bem definidos em todas as estações de amostragem, o que confirma a conexão hidráulica no sistema. O tempo de primeira chegada (t1) foi uniforme para todos os pontos, totalizando 41 dias. No entanto, observou-se uma clara distinção geométrica e temporal nos picos (tp) e tempos médios de trânsito (tm). As velocidades médias do fluxo subterrâneo (vm) calculadas foram de $3,1 \times 10^{-5}$ m/s (P01), $5,4 \times 10^{-5}$ m/s (P02) e $6,9 \times 10^{-5}$ m/s (P03). Esses valores encontram-se na mesma ordem de grandeza (10^{-5} m/s), são compatíveis com o comportamento hidrodinâmico esperado para aquíferos fraturados. A variação dos parâmetros temporais e das curvas de restituição evidência a presença de rotas preferenciais e caminhos distintos de circulação subterrânea entre a zona de injeção e os pontos monitoradas. Os resultados contribuem para o entendimento da dinâmica de escoamento local e fornecem subsídios técnicos para a gestão e proteção do sistema hidrotermal da região. **Conclusão:** O ensaio de traçador atingiu seu objetivo com o mapeamento da rota de fluxo proposta, assim como a determinação de parâmetros hidrodinâmicos. Apesar de sua sólida utilização em ambientes cársticos, o uso em meio fissural se mostrou eficiente, demonstrando que o método pode ser utilizado em outros tipos de aquíferos não cársticos. Recomenda-se a realização de ensaio qualitativo para determinar a massa capturada de traçador e cálculos de dispersão mássica.

Conectividade Hidráulica; Meio Fraturado; Tinopal;

ANÁLISE DAS ANOMALIAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA E PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IJUÍ (RS) VIA GOOGLE EARTH ENGINE

FRANCISCO, Paula Josyane dos Santos¹; AFONSO, Marcela da Silva¹; DA SILVA, Uiele San Martins¹; SANTOS, Annelise de Almeida Vetromile Lapuente dos¹; PEREIRA, Emanuele Maidana¹; DA SILVA, Juliana Pertille¹;

(1) Universidade Federal de Pelotas - Pelotas - RS - Brasil;

Paula Josyane dos Santos Francisco (paula.josyane.eng@gmail.com)

Introdução: A bacia hidrográfica do Rio Ijuí localiza-se na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, abrangendo 20 municípios com uma população estimada em 337.249 habitantes e uma área de drenagem de 10.649,13 Km². Sob a perspectiva hidrogeológica, a área é integrada pelos compartimentos Serra Geral I e Serra Geral II do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), além de estar sobreposta ao Sistema Aquífero Guarani (SAG), os quais formam um complexo hidrogeológico interligado de extrema importância estratégica e alta produtividade para a região. Diante da relevância desses recursos e da escassez de dados monitorados in situ, os produtos de sensoriamento remoto do Global Land Data Assimilation System (GLDAS-2.2) surgem como uma alternativa viável para inferir e monitorar as variações no armazenamento de água subterrânea nesses aquíferos. **Objetivos:** Investigar a relação entre as anomalias de água subterrânea e de precipitação com a ocorrência de eventos de seca na bacia hidrográfica do Rio Ijuí (RS), quantificando a associação estatística não-paramétrica entre essas variáveis e determinar o tempo de resposta defasado (lag) dos sistemas aquíferos frente às variações do regime de chuvas na região, abrangendo o período de 2003 a 2024. **Método:** Os dados utilizados foram obtidos por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE), utilizando as coleções GLDAS-2.2 para a estimativa de água subterrânea (mm) e GPM (Monthly Global Precipitation Measurement) para a precipitação (mm/h), abrangendo o período de 2003 a 2024. Após a extração das séries temporais, calcularam-se as médias e as anomalias espaciais dos valores para a bacia. Também foram selecionados 4 pontos para análise na bacia, que apresentam padrões diferentes de variação de água subterrânea. Para a análise estatística, aplicou-se inicialmente o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, o qual indicou que ao menos uma das variáveis não apresentava distribuição normal. Em função disso, utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman para avaliar a associação entre as variáveis. Por fim, foram realizados testes de defasagem temporal (lag) para determinar o tempo de resposta do armazenamento de água subterrânea frente aos eventos de precipitação. **Resultados:** Em 2022 e 2023 ocorreram as maiores anomalias negativas de águas subterrâneas (-129,41; -155,31) na bacia do Ijuí, que corresponde a períodos de seca ocasionados pelo La Niña. A correlação de Spearman para os valores de anomalias medianos da bacia demonstrou valores positivos e significativos (p-value = 2.101e-05, rho 0.259). Porém, quando a precipitação é atrasada um mês, a correlação é maior (p-value = 3.261e-11, rho 0.394), demonstrando que existe um tempo para que a água subterrânea responda à precipitação. Em relação a correlação linear, tem-se que: Ponto 1 (0.270), Ponto 2 (0.290), Ponto 3 (0.281) e Ponto 4 (0.176), mostrando que o ponto 2, localizado no SASG I, possui maior correlação com a precipitação. Porém, o ponto 4, localizado no SASG II, possui a menor correlação, que pode estar relacionado com diversos fatores como atraso de recarga, características estruturais dos aquíferos, evapotranspiração, bombeamento ou mudanças de uso da terra. **Conclusão:** Pode-se concluir que as anomalias da água subterrânea provenientes do GLDAS 2.2 podem ser utilizadas de forma a entender a dinâmica da bacia em relação a precipitação e eventos de seca na região.

Aquífero Serra Geral; Eventos de secas; Recarga; Rio Ijuí;

COMPORTAMENTO TRANSITORIO DOS NIVEIS D'ÁGUA DO AQUIFERO URUCUIA ENTRE 2011 E 2023

OLIVEIRA, leanize teixeira¹; RODRIGUES, Vitor Hugo¹; CARDOSO, Amilton Castro¹; VILLAR, Paulo César Machado¹;

(1) SGB - salvador - BA - Brasil;

leanize teixeira oliveira (loliva2013@gmail.com)

O estudo das flutuações de nível d'água (NA) em aquíferos deve considerar a análise de processos naturais e antrópicos como recarga, mudanças na pressão atmosférica e deformações no aquífero, interferências entre poços, exploração e alterações na evapotranspiração. O armazenamento subterrâneo representa um dos componentes do balanço hídrico, sendo os mesmos interligados e interdependentes. Na região do MATOPIBA, área aflorante do aquífero Urucuia, a expansão agrícola com intenso desmatamento e aumento da irrigação nas últimas décadas torna essencial o monitoramento das cargas hidráulicas para compreender a dinâmica hídrica regional. Este trabalho teve como objetivo caracterizar o comportamento do NA no Aquífero Urucuia utilizando dados de 65 poços de monitoramento contínuo da Rede RIMAS/SGB. Foram analisadas séries temporais de níveis d'água por meio da Transformada de Fourier, no domínio da frequência, e da clusterização de séries temporais pelo algoritmo k-means, utilizando a biblioteca TsLearn (Tavenard et al., 2020). O clima regional apresenta elevada variabilidade espacial e interanual das chuvas, com estações seca e chuvosa bem definidas. A série histórica indica um período mais seco entre 2011 e 2015, condições intermediárias entre 2015 e 2019 e aumento das precipitações entre 2020 e 2023 com dispersão entre os valores mensais. Associadas à geomorfologia de chapadões, essas características favorecem a agricultura mecanizada e irrigada. A análise permitiu identificar que em poços com NA rasos (até 15m ou próximos a cursos d'água), a frequência correspondente ao período de 1 predomina. À medida que as profundidades dos NA aumentam, a frequência associada ao período de um ano perde importância dentro do espectro e frequências mais baixas destacam-se. Em locais com interferência forte de poços produtivos na área de influência, ocorre quebra no padrão do gráfico no domínio da frequência. Nesses casos, surgem picos de mais curto período e gráficos mais descontínuos. Foram identificados 05 clusters de comportamentos semelhantes: 1) tendência de declínio dos NA; 2) tendência de declínio dos NA com posterior recuperação; 3) tendência inicial de declínio com posterior lateralização, 4) sazonalidade das flutuações de NA (a maioria também apresentando declínio que variou de 0,02 a 0,84 m/ano; e 5) sem alterações significativas. O maior rebaixamento absoluto foi de 8,81 m ou 0,8 m/ano, no período de 2011 a 2023, com variação de 0,12 a 1,44m/ano, e média de 0,6m/ano. O período de declínio inicial perdurou até 2018/2022, quando cessaram o declínio ou voltaram a recuperar. Os poços com rebaixamento sazonal possuem NA até 15,3m e/ou distantes dos rios em até 3200m. Conclui-se que o declínio dos NA no primeiro período tem como fator preponderante a diminuição das chuvas entre 2011 e 2017. O aumento do volume de chuvas, principalmente a partir de 2017/2019, favoreceu a estabilização dos declínios ou recuperação dos NA. Observou-se ainda comportamento ondulatório das curvas de flutuação, com amplitudes menores nos locais onde os níveis estáticos são mais profundos. Diante das vazões crescentes de exploração por poços tubulares, recomenda-se estudar os mecanismos de recarga e sua propagação nas zonas não saturadas espessas (> 20m), no sentido de compreender as recargas efetivas e, distinguir a influência das variações climáticas (intensidade e frequência das chuvas, efeitos da evapotranspiração) e da exploração do aquífero sobre a flutuação dos NA.

Aquífero Urucuia; monitoramento; RIMAS;

MODELAGEM HIDROGEOLOGICA CONCEITUAL E NUMERICA PARA AVALIAÇÃO DO FLUXO SUBTERRANEO NA MINERAÇÃO SERRA VERDE, MINAÇU/GO

VASCONCELOS, Flávio Morais¹; FREGADOLLI, Luiz Lourenço¹; JUNIOR, Nelson Bolotari²; SILVA, Henrique Savaget Chaves²; TABOSA, Luiz Fernando Cursino¹; PEREIRA, Breno Alexandre³;
(1) Hidrogeo Engenharia e Gestão de Projetos - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) Serra Verde Pesquisa e Mineração - Minaçu - GO - Brasil; (3) IGEO Hidrogeologia - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Luiz Fernando Cursino Tabosa (luiz.tabosa@hidrogeoeng.com.br)

A compreensão do funcionamento hidrogeológico em empreendimentos minerários é essencial para avaliar a disponibilidade hídrica, a interação entre águas subterrâneas e superficiais e os possíveis efeitos associados ao avanço da lavra. Na área da Mineração Serra Verde, em Minaçu/GO, foi desenvolvido estudo hidrogeológico integrado, com base em dados geológicos, hidrológicos e hidrogeológicos, para subsidiar a gestão dos recursos hídricos e a previsão de interferências futuras. O trabalho teve como objetivo estruturar um modelo hidrogeológico conceitual e numérico de fluxo subterrâneo para representar os sistemas aquíferos locais e avaliar, por meio de cenários de operação da mina até 2030, possíveis alterações nas cargas hidráulicas, nas direções de fluxo e nas vazões de descarga subterrânea. Foram integrados dados de geomorfologia, hidrografia, geologia, pluviometria, inventário de nascentes, monitoramento de vazões, níveis d'água subterrânea e ensaios de permeabilidade. O modelo conceitual definiu unidades aquíferas, zonas de recarga e descarga, parâmetros hidrodinâmicos e padrão de fluxo. A recarga foi estimada pelo método da flutuação do nível d'água. Em seguida, foi elaborado modelo numérico no FEFLOW, em regime permanente, com discretização tridimensional em 20 camadas, profundidade aproximada de 150 m, 1.687.040 elementos e 887.418 nós. A calibração utilizou níveis d'água de abril de 2025 e vazões mínimas de referência, com ajuste de recarga, condutividade hidráulica e condições de contorno. Posteriormente, foram simulados cenários anuais de lavra entre 2026 e 2030. O modelo conceitual individualizou dois sistemas aquíferos principais: o Sistema Aquífero Granular, associado ao manto de alteração, solos e saprólitos, e o Sistema Aquífero Fraturado, associado às rochas cristalinas do embasamento. O aquífero granular apresentou maiores condutividades hidráulicas, entre $2,45 \times 10^{-5}$ e $1,79 \times 10^{-3}$ cm/s, enquanto o fraturado apresentou valores da ordem de $1,51 \times 10^{-6}$ a $1,62 \times 10^{-6}$ cm/s. A recarga mediana foi estimada em 70,5 mm/ano para o sistema granular e 13,8 mm/ano para o fraturado, equivalentes a aproximadamente 4,4% e 0,9% da precipitação média anual. O fluxo subterrâneo é controlado pela topografia, com convergência para drenagens naturais. A calibração apresentou ajuste satisfatório entre cargas observadas e calculadas, reproduzindo o padrão geral de fluxo interpretado. Os cenários de operação indicaram rebaixamentos predominantemente localizados nas áreas de cava, sem propagação regional expressiva até 2030. As vazões de descarga nos pontos de referência permaneceram praticamente estáveis até 2029, com redução mais evidente em 2030, estimada em cerca de 80 m³/h para o conjunto avaliado, frente a uma vazão de desaguamento simulada próxima de 100 m³/h. A integração entre modelo conceitual e numérico permitiu representar de forma consistente o funcionamento hidrogeológico da área, indicando que o aquífero granular exerce papel central na recarga, no armazenamento raso e na conexão com drenagens, enquanto o aquífero fraturado apresenta circulação mais restrita e controlada por descontinuidades. Nas condições simuladas, os efeitos da lavra tendem a ser localizados e manejáveis, reforçando a importância do monitoramento hidrogeológico contínuo, da atualização periódica do modelo e do uso da modelagem como ferramenta de apoio à gestão ambiental e ao planejamento operacional da mina.

; ETR; hidrogeologia; modelagem numérica;

INTEGRAÇÃO DE MODELOS HIDROGEOLOGICO E GEOMECANICO PARA ANALISE DE FLUXO SUBTERRANEO EM TALUDES DE ROCHAS ENCAIXANTES EM MINERAÇÃO DE FERRO

XAVIER, Ana Carolina Ferreira¹; FERNANDES, Leonardo Vaz de Faria¹; SANTA BÁRBARA, Mariane Martins Ferreira¹; LOPES, Paulo Silva¹;

(1) Vale S/A - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Ana Carolina Ferreira Xavier (anacgeo@gmail.com)

A análise de fluxo subterrâneo em áreas de mineração é de suma importância tanto para questões de avanço de lavra para extração de minério como para controle geotécnico das estruturas. Como o comportamento hidrodinâmico dos sistemas aquíferos está intrinsicamente associado aos litotipos existentes, quanto maior detalhamento do modelo geológico maior a assertividade nas análises hidrogeológicas numéricas. No entanto, é usual, em modelos geológicos voltados para mineração, que o maior detalhamento litológico esteja focado nas áreas mineralizadas e não nas regiões de rochas encaixantes. Nesse cenário, para avaliação do comportamento do fluxo de água subterrânea em uma região específica da cava, composta, basicamente, por rochas encaixantes, foi desenvolvido um modelo hidrogeológico numérico local, no qual foram incorporadas as classificações geomecânicas aos litotipos das Formações Moeda e Batatal, visando atribuir maior caracterização às unidades hidrogeológicas, uma vez que, no modelo geológico, tais unidades apresentam-se praticamente indivisas, sem detalhamento litológico. O domínio do modelo numérico local foi definido a partir da malha do modelo operacional da mina em questão, através de um recorte focado na área de interesse. Essa abordagem favorece o refinamento no balanço de massa e a acurácia nas direções de fluxo no talude, visto o maior detalhamento da área alvo modelada. A calibração do modelo local foi realizada em regime permanente referente ao cenário pré-operação da mina, enquanto, a calibração em regime transiente se estendeu até o período atual de operação da mina (2026) e todos os parâmetros hidrodinâmicos calibrados foram ajustados com valores dentro de intervalos conceitualmente aceitos. As adequações realizadas no modelo hidrogeológico local permitiram melhor representar as variações de carga hidráulica calculadas, as quais mostraram-se aderentes às observadas em campo, permitindo assumir que o modelo representa, de forma satisfatória, as condições hidrogeológicas médias do domínio modelado, estando em conformidade com o grau de confiança e acurácia das informações geológicas e geomecânicas incorporadas no modelo hidrogeológico local.

Análise de fluxo subterrâneo; Modelo hidrogeotécnico; Rochas encaixantes;

JOGO DAS AGUAS INVISIVEIS: DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA EDUCOMUNICATIVA PARA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE AGUAS SUBTERRANEAS

CEREZINI, Monise Terra¹; MORTATI, Amanda Frederico¹; PEREIRA, Ana Karine¹; FIGUEIREDO, Andrea Coelho¹; ARGUELHO, Juliana Sobreira¹; FERNANDES, Amélia João²; MORAIS, Maria Manuela³; VILLAR, Pilar Carolina⁴; GERMANOS, Erika⁵; SAITO, Carlos Hiroo⁶;

(1) Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), Universidade de Brasília (UNB), Brasília, Brasil - Brasília - DF - Brasil; (2) Centro de Pesquisas de Água Subterrânea (CEPAS) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP) - São Paulo - SP - Brasil; (3) Laboratório de Águas, Universidade de Évora, Évora, Portugal; Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia do Sistema Terrestre e Energia, Universidade de Évora, Évora, Portugal - Portugal; (4) Departamento de Ciências do Mar - Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São Paulo, Brasil - Santos - SC - Brasil; (5) University of Victoria - Canada; (6) Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), Universidade de Brasília, Brasília, Brasil; Global Water Partnership (GWP), Montevideu, Uruguai - Brasília - DF - Brasil;

Monise Terra Cerezini (mo_terra@yahoo.com.br)

Introdução: As águas subterrâneas desempenham papel estratégico para a segurança hídrica, a manutenção dos ecossistemas e o abastecimento humano. Apesar de sua relevância, permanecem pouco visíveis para a sociedade, o que dificulta sua compreensão e valorização. Essa invisibilidade contrasta com a crescente dependência humana desse recurso e com sua vulnerabilidade à superexploração e à contaminação (Bierkens; Wada, 2019). Além disso, a estreita relação entre águas subterrâneas e superficiais reforça a necessidade de abordagens integradas de gestão (Winter et al., 1998; Sophocleous, 2002). Nesse contexto, a divulgação científica e a educomunicação assumem papel fundamental na aproximação entre conhecimento técnico-científico e públicos diversos. Como resposta a esse desafio, foi desenvolvido o Jogo das Águas Invisíveis, um material educativo voltado à sensibilização e à disseminação de conhecimentos sobre aquíferos e águas subterrâneas. **Objetivos:** Apresentar o processo de desenvolvimento do Jogo das Águas Invisíveis como ferramenta educativa destinada à divulgação científica e à educação ambiental sobre águas subterrâneas. **Método:** O desenvolvimento do jogo foi inspirado em abordagens dialógico-problematizadoras da educação ambiental (Freire, 1988; Saito, 2013), buscando transformar conteúdos científicos relacionados às águas subterrâneas em situações de aprendizagem acessíveis, contextualizadas e participativas. Inspirado no tradicional jogo de 7 famílias, tradicional na França, o material foi estruturado em oito eixos temáticos: dispositivos legais, funções dos aquíferos, tipos de aquíferos, usos da água subterrânea, ameaças e pressões, impactos, boas práticas de conservação e governança. A seleção e organização dos conteúdos foram fundamentadas em referenciais da Gestão Integrada de Recursos Hídricos (Global Water Partnership, 2001) e do funcionamento dos aquíferos, interação entre águas superficiais e subterrâneas e governança da água (Winter et al., 1998; Sophocleous, 2002). O desenvolvimento do material também foi orientado por abordagens integrativas e que reconhecem o potencial dos jogos educativos para promover a aprendizagem significativa, o engajamento dos participantes e a construção de conhecimentos ambientais de forma participativa (Rodrigues; Barros, 2024). **Resultados:** O processo investigativo resultou na criação de um material educativo composto por 48 cartas organizadas em oito famílias temáticas, contemplando aspectos ecológicos, sociais, institucionais e culturais relacionados às águas subterrâneas. A estrutura do jogo permite abordar temas complexos de forma integrada e acessível, favorecendo a compreensão de conceitos como recarga de aquíferos, contaminação, governança da água e conservação ambiental. O material foi concebido para utilização em contextos formais e não formais de educação, incluindo escolas, oficinas comunitárias, formação de educadores e ações de divulgação científica. **Conclusão:** A literatura tem demonstrado que jogos educativos favorecem a aprendizagem, a reflexão crítica e o envolvimento dos participantes em temas socioambientais, reforçando a relevância dessa abordagem para a comunicação pública da ciência. O material desenvolvido dialoga com perspectivas críticas da educação ambiental ao promover a problematização de conflitos, ameaças, impactos e soluções relacionados às águas subterrâneas, favorecendo processos de sensibilização, aprendizagem e engajamento social.

águas subterrâneas; aquíferos; divulgação científica; Educação Ambiental; educomunicação;

FILTRAÇÃO EM MARGEM COMO SOLUÇÃO BASEADA NA NATUREZA PARA SEGURANÇA HÍDRICA URBANA

LUIZ, Mariana Bernardino¹; HIRATA, Ricardo Cesar Aoki²; SUHOGUSOFF, Alexandra Vieira²; FERRARI, Luiz Carlos Kauffman Marasco²; SANTOS, Carolina Fernanda²;

(1) Universidade de São Paulo - Ribeirão Pires - SP - Brasil; (2) Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;

Ricardo Cesar Aoki Hirata (rhirata@usp.br)

Riverbank Filtration, RBF é uma técnica que explora a interação rio-aquífero e os serviços ecossistêmicos resultantes das dinâmicas de conexão e de fluxo de água, visando ao tratamento da água de rios e lagos para seu aproveitamento no abastecimento público. Durante o bombeamento de poços localizados nas margens de rios, ocorrem processos de atenuação natural e filtração física de contaminantes, mistura de águas e biodegradação, o que eleva a qualidade da água. O perfil construtivo e a locação dos poços de produção têm importância equivalente à das características do aquífero, do corpo d'água superficial e do clima na capacidade de extração de água e de depuração de contaminantes. Este trabalho busca estabelecer o desenho ideal do poço e sua localização com base em uma revisão sistemática em três etapas: 1) Prospecção em bases como ScienceDirect e Web of Science, com operadores booleanos específicos; 2) Qualificação e triagem dos resultados por meio da seleção de periódicos com fator de impacto no Journal Citation Reports acima de 1 e eliminação de duplicatas; e 3) Processamento e extração de dados por meio de ferramentas automatizadas como o Google Colaboratory. A análise quantitativa revela predominância de poços verticais (65,8%), seguidos por coletores radiais ou horizontais (12,0%), poços puramente horizontais sob o leito dos rios (6,3%) e outras tipologias (12,2% — galerias de infiltração, poços angulares, poços tubulares e poços sem classificação). O número de poços varia de unidades individuais a grandes grupos, como os de Düsseldorf (70 poços) e de Budapeste (850 poços). Poços verticais foram classificados como rasos (2,5–15 m) ou intermediários (20–45 m); os horizontais alcançam de 50 a 100 m de comprimento. A captação da água ocorre nas seções filtrantes, cujas configurações variam de níveis superficiais (2 a 5 m) a intervalos mais comuns entre 6 e 25 m de profundidade. Há uma relação direta entre a distância do poço RBF ao corpo hídrico e o tempo de trânsito da água, ambas variáveis fundamentais para o processo de tratamento e remoção de contaminantes. A faixa operacional comum do poço de produção é estabelecida entre 20 e 100 m da margem, com tempo de trânsito de 15 a 100 dias, o que é ideal para remoção de microrganismos. Sistemas distantes de 4 m a 15 m da margem e com tempo de viagem rápido, de 1 a 10 dias, maximizam o volume de água extraído. As capacidades de produção dos sistemas RBF variam amplamente: estruturas de baixa capacidade produzem entre 24 e 500 m³/dia, normalmente em testes-piloto; sistemas de alta capacidade produzem entre 10.000 e 70.000 m³/dia, utilizando poços horizontais ou grupos de poços verticais; megassistemas registram 210.000 m³/dia na China e 620.000 m³/dia na Alemanha. A análise de 76 artigos evidenciou a alta adaptabilidade dos sistemas, que vão de soluções locais de baixa tecnologia a infraestruturas complexas. Apesar do foco ter sido o design do RBF, a definição das características de cada sistema depende de cenários hidrogeológicos e geoquímicos, bem como da dinâmica fluvial, para garantir maiores volumes de água e segurança química e biológica. Contudo, o material gerado por levantamentos bibliográficos voltados a estatísticas serve como um inventário técnico essencial para o planejamento e a avaliação do desempenho de sistemas RBF, quando analisados em modelos numéricos de fluxo e transporte, a fim de avaliar os benefícios e os desafios operacionais locais.

design; poço de produção; Riverbank Filtration;

A REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS COMO INSTRUMENTO DE AMPLIAÇÃO DO CONHECIMENTO SOBRE OS AQUIFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO

RODRIGUES, Estella Barbachan¹; BRITES, Ana Paula Zubiaurre¹; PEREIRA, Edigleisson Bessa¹; BARBOSA, Claiton de Jesus¹; GONÇALVES, Filipe Chaves¹; DE GODOY, Erivelton Roberto¹; FERNANDES, Diogo Silva¹;

(1) SP-Águas - São Paulo - SP - Brasil;

Estella Barbachan Rodrigues (estella.barchachan@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas desempenham um papel estratégico na manutenção do fluxo de base dos rios, mas o a carência de informações hidrogeológicas sistematizadas muitas vezes torna esse recurso "invisível" para a gestão (WFEO, 2023). A Política Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo, Lei nº 7.663/1991, estabelece que a preservação dos aquíferos depende de programas permanentes de avaliação e que o uso do subsolo deve ser precedido de informações técnicas consistentes (São Paulo, 2024). Nesse contexto, a regulação dos usos da água, por meio da outorga de direito de uso, assume papel relevante na ampliação do conhecimento dos aquíferos, ao induzir a produção, organização e qualificação de dados hidrogeológicos em larga escala. **Objetivos:** Este trabalho tem como objetivo demonstrar como os mecanismos regulatórios de outorga podem fomentar a obtenção de dados de nível d'água e parâmetros hidráulicos, contribuindo para a ampliação do conhecimento técnico-científico sobre a potencialidade e o comportamento dos sistemas aquíferos. **Método:** A metodologia fundamenta-se na exigência legal de que usuários instalem equipamentos de medição de nível e volume, bem como mantenham registros mensais e informes anuais ao órgão gestor (São Paulo, 1991). A partir dessa premissa, foram analisados os mecanismos pelos quais os dados declarados nos processos de outorga e integrados ao Sistema de Suporte a Decisão da SP-ÁGUAS (SSD-BH) podem subsidiar a avaliação hidrogeológica, a tomada de decisão regulatória e o aproveitamento de séries históricas de níveis potenciométricos em áreas sem rede piezométrica dedicada. **Resultados:** Os dados hidrogeológicos associadas à base de outorga subsidiam a sistematização do Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, construído a partir de informações de 3.539 poços selecionados com informação hidrogeológica confiável. Por meio desta base, foi possível mapear a capacidade específica (Q/s) e a espessura saturada de unidades como o Aquífero Bauru e o Aquífero São Paulo (São Paulo, 2013). O SSD-BH utiliza essas informações como referência para apoiar a análise de novos requerimentos, permitindo confrontar dados declarados pelos usuários com parâmetros hidrogeológicos locais. A regulação também contribui para a identificação de áreas críticas com quedas nos níveis potenciométricos, subsidiando a criação de Áreas de Restrição e Controle (ARC) para disciplinar a captação e o uso das águas subterrâneas em situações de maior vulnerabilidade ou pressão sobre os aquíferos (São Paulo, 2005). **Conclusão:** Conclui-se que a regulação constitui um importante instrumento para a construção de bases de dados georreferenciadas para o aprimoramento das avaliações de balanço hídrico integrado. A obrigatoriedade de informes técnicos permite inserir o usuário como fonte regular de informações, provendo os insumos necessários para uma Gestão Integrada de Recursos Hídricos que contribua para a sustentabilidade do fluxo de base e prevenção em cenários de superexploração dos aquíferos.

Monitoramento de poços; Nível potenciométrico; Outorga; Regulação de águas subterrâneas; Sistema de Suporte a Decisão;

ANOMALIA DE GADOLINIO COMO MARCADOR DE POLUIÇÃO EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS EM BAURU (SP)

BULIA, ISABELLA LONGHI¹; ABREU, ANA ELISA SILVA¹; MARQUES, CARLOS HENRIQUE GIL²; BARRETO, FERNANDA SOUTO²; VARNIER, CLAUDIA³; ENZWEILER, JACINTA¹; HIRATA, RICARDO²; (1) Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (IG/Unicamp) - Campinas - SP - Brasil; (2) Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas, Universidade de São Paulo (CEPAS/USP) - São Paulo - SP - Brasil; (3) Instituto de Pesquisas Ambientais, Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (IPA/SEMIL) - São Paulo - SP - Brasil;

ANA ELISA SILVA ABREU (aeabreu@unicamp.br)

A presença de valores anômalos de Gd em corpos d'água, quando sua concentração é comparada às dos elementos terras raras (ETR) vizinhos, é uma feição recente marcadora da presença de efluentes sanitários in natura e tratados em áreas urbanas dotadas de infraestrutura de saúde avançada. A anomalia de Gd pode ser observada nos padrões de distribuição das concentrações normalizadas dos ETR, mas a sua estimativa quantitativa é frequente e permite a comparação temporal e espacial. Abreu et al. (2024) demonstraram que a fórmula utilizada para o cálculo da anomalia de Gd pode influenciar a identificação de sua ocorrência. A cidade de Bauru, situada na região central do Estado de São Paulo (SP), apresenta uma contaminação histórica de nitrato das águas subterrâneas associada a fugas das redes de esgoto (Barreto et al., 2023). Assim, o presente estudo avaliou os valores da anomalia obtidos por três métodos em amostras de água subterrânea coletadas em poços tubulares profundos dos sistemas aquíferos Bauru (SAB) e Guarani (SAG) no município de Bauru, verificando sua influência na interpretação dos resultados. Para os cálculos foram adotadas as equações propostas por Bau e Dulski (1996), Lawrence et al. (2006) e Kulaksiz e Bau (2011), aqui nomeadas BD, LA e KB, respectivamente. BD e LA consideram as concentrações normalizadas de Sm e Tb no cálculo, enquanto KB considera as concentrações normalizadas de Pr, Nd e Sm. Ao todo, 12 amostras foram coletadas e analisadas para ETR por ICP-MS, porém apenas nove apresentaram todos os valores necessários para os cálculos acima do limite de quantificação dos respectivos elementos, sendo oito delas do SAB e uma do SAG. As concentrações de Gd nas amostras variaram de 0,001 a 0,325 µg/L. Os cálculos realizados demonstram que os valores de anomalia (Gd/Gd^*) calculados pelos diferentes métodos são semelhantes, especialmente entre BD e LA (com diferença máxima de 4%). Em contraste, para KB os valores de Gd/Gd^* tendem a ser mais altos, em especial para o poço UP41, cujo valor obtido por KB é 67 e 73% maior que o obtido para LA e BD, respectivamente. Tomando como valor limiar $Gd/Gd^* > 1,2$, seis amostras marcaram a presença da anomalia e uma a ausência para as três equações simultaneamente. Porém os poços UP40 e G exibiram comportamento ambíguo. No poço UP40 foram avaliadas como ocorrência ($Gd/Gd^* = 1,7$) para KB e ausência ($Gd/Gd^* = 1,2$) para as demais equações. No poço G foram avaliadas como ausência ($Gd/Gd^* = 1,2$) para KB, e como presente ($Gd/Gd^* = 1,3$) para as demais equações. Os resultados indicam também que, além da fórmula empregada para estimar a anomalia, os elementos considerados podem alterar a interpretação. Nos padrões de distribuição de concentrações de ETR normalizadas não se observaram evidências de que o Gd se comporte como ETR leve, como preconizado por KB, logo a opção pela equação KB pode ser desconsiderada para este estudo. Quanto à opção entre as equações BD e LA, uma vez que elas apresentaram valores praticamente idênticos para todas as amostras, a escolha de qualquer uma delas não estaria enviesada, com a sugestão de aplicação da fórmula proposta por LA, por se basear em uma transformação log-linear dos dados. Adotando-se LA para o cálculo da anomalia, ela está presente em sete poços do SAB, confirmando a contaminação por efluente sanitário nestes poços, mas não está presente no poço do SAG. Esta pesquisa está inserida no projeto SACRE (Fapesp nº 2020/15434-0).

Elementos terras raras; poluição antrópica; Sistema Aquífero Bauru;

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE BIODEGRADAÇÃO DE HIDROCARBONETOS EM SOLOS ANTÁRTICOS

KOGA, Mirella Carolina¹; BARBOSA, Alexandre Muselli²; FURQUIM, Sheila Aparecida Correia¹; COTA, Stela Dalva Santos³; PASSOS, Ricardo Gomes⁴; NAKAYAMA, Cristina Rossi¹; FREITAS, Juliana Gardenalli de¹;

(1) UNIFESP - SÃO PAULO - SP - Brasil; (2) IPT - SÃO PAULO - SP - Brasil; (3) CDTN - Belo Horizonte - MG - Brasil; (4) CDTN - São Paulo - SP - Brasil;

Mirella Carolina Koga (koga.mirella@unifesp.br)

Introdução: Apesar da Antártica desempenhar enorme papel dentro da circulação oceânica mundial e possuir grande importância em sua regulação climática, o entendimento do fluxo das águas subterrâneas no continente é pouco conhecido pela ciência. Dentro do contexto de mudanças climáticas, as alterações na dinâmica de armazenamento e descarga no compartimento subterrâneo são essenciais para planejamentos de projetos de remediação. Sabendo disso, dentro do Tratado da Antártica sobre a Proteção do Meio Ambiente, o Protocolo de Madri torna obrigatório para todas as nações pesquisadoras a priorização da conservação ambiental em suas atuações no território e, nesse contexto, o Brasil realiza o monitoramento ambiental na região de sua estação de pesquisa, Estação Antártica Comandante de Ferraz (EACF), construída em 1984 na Baía do Almirantado, na Ilha Rei George. No seu entorno, a manipulação de gasolina e diesel, com vazamentos acidentais, e o incêndio ocorrido em 2012 envolvendo tanques de combustível, resultaram em contaminação por diesel. Embora existam estudos sobre o comportamento dos hidrocarbonetos em temperaturas e biomas conhecidos, suas características ainda permanecem desconhecidas na região. **Objetivos:** Este projeto de pesquisa teve como objetivo caracterizar quimicamente o combustível SAB (Special Antarctic Blend) e avaliar a taxa de degradação dos seus hidrocarbonetos por atenuação natural. Assim, foram feitos testes de microcosmos em condições aeróbias, montados com 10g de solo em triplicatas dentro de vials de âmbar, que foram analisados em 4 tempos diferentes de um total de 70 dias de incubação a 5°C. O solo contaminado foi coletado em trincheira próxima ao parque de tanques de combustíveis na área da EACF, na Operação Antártica 43 (verão 2024-2025) em 4 profundidades diferentes (0,3 m, 0,5 m, 0,7 m e 1,0 m). Para determinação das concentrações de hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH), as amostras foram extraídas com hexanos e lidas em fluorímetro. Para a caracterização química do diesel, utilizou-se a cromatografia gasosa (GC-MS) e foram testadas 3 diferentes amostras. **Resultados:** As 3 amostras de SAB resultaram em uma concentração de 17% de aromáticos e 80% de alifáticos, com predominância de carbonos na faixa C10-C14. Todas as amostras de solo apresentaram contaminação por TPH em concentrações de 840 mg/kg a 1500 mg/kg. As proporções entre as frações foram similares à do diesel, com exceção da amostra de 0,5m que apresentou 92% de alifáticos e 2% de aromáticos, com carbonos predominantemente nas faixas C25-C31. Nos microcosmos, observou-se significativo decaimento em relação ao tempo, mostrando redução de 29,3% e 53,2% na concentração de TPH nas camadas de 0,7 e 1,0 m respectivamente, demonstrando a presença do processo de atenuação natural. O decaimento tem um início rápido e constante até o 34º dia (t3), observando-se estabilização na concentração após esse período, sugerindo o ápice da fase exponencial microbiana. Além disso, a fração de aromáticos apresenta uma remoção de 86% e 39% e os alifáticos uma remoção de 79% e 66% nas camadas 0,7 m e 1,0 m respectivamente. **Conclusão:** Os resultados até o momento demonstram um potencial efeito de atenuação natural significativo através da microbiota local. Entretanto, a degradação aparenta se estabilizar após certo período, persistindo uma contaminação remanescente significativa, indicando que a degradação em condições naturais pode não ser suficiente para a remediação da área.

Antártica; atenuação natural; Contaminação; diesel; TPH;

REDES NEURAIS INFORMADAS PELA FÍSICA (PINNS) E MONITORAMENTO OPERACIONAL PARA GESTÃO ADAPTATIVA DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI (SAG) EM RIBEIRÃO PRETO

INTRIAGO MENDOZA, Angel Steven¹; CONICELLI, Bruno¹; HIRATA, Ricardo¹;

(1) Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS) - Instituto de Geociências (IGc) USP - São Paulo - SP - Brasil;

Angel Steven Intriago Mendoza (angelintriago6@gmail.com)

Introdução A gestão adaptativa de aquíferos urbanos exige métodos capazes de transformar dados operacionais em diagnósticos hidrogeológicos continuamente atualizáveis. Em Ribeirão Preto, município abastecido integralmente pelo SAG, a exploração intensiva, a sobreposição de cones de rebaixamento e a impossibilidade prática de interromper poços em operação limitam a realização de ensaios hidráulicos convencionais. Nesse contexto, o monitoramento piezométrico de alta frequência, integrado a técnicas de inteligência artificial informadas pela física, pode apoiar a caracterização hidráulica e a tomada de decisão em sistemas aquíferos sob alta demanda. **Objetivos** Este trabalho propõe uma estrutura de gestão adaptativa para o SAG em Ribeirão Preto, baseada na integração entre monitoramento operacional de poços, estimativa não invasiva de parâmetros hidráulicos e modelagem hidrogeológica com redes neurais informadas pela física. **Método** Foram analisadas séries piezométricas registradas a cada 15 minutos em poços de produção. Inicialmente, um algoritmo de filtragem em sete etapas foi aplicado para identificar eventos passivos de recuperação associados à ciclagem operacional dos poços. A partir desses eventos, a condutividade hidráulica e o coeficiente de armazenamento foram estimados por Evolução Diferencial, considerando explicitamente a interferência entre poços. Em seguida, os parâmetros hidráulicos locais, observações históricas de nível piezométrico, superfícies potenciométricas de referência e valores-piloto de transmissividade foram assimilados por uma arquitetura de PINNs. A rede foi estruturada para representar simultaneamente o campo de carga hidráulica e o campo de condutividade hidráulica, incorporando restrições da equação de fluxo subterrâneo em aquífero confinado. Dessa forma, a modelagem foi concebida como uma ferramenta atualizável, capaz de incorporar novos dados sem reconstruir integralmente o modelo hidrogeológico. **Resultados** O protocolo identificou 70 eventos de recuperação validados em 16 poços, dos quais 8 foram utilizados para calibração hidráulica. A consideração da interferência entre poços reduziu o erro de ajuste em até 4,4 vezes em comparação ao modelo de poço único e evitou subestimações da condutividade hidráulica de até três ordens de magnitude. A modelagem com redes neurais informadas pela física assimilou 6.998 observações históricas entre 1969 e 2020 e permitiu reconstruir a evolução piezométrica entre 1965 e 2025, com R^2 de 0,900 e RMSE de 9,80 m. A espacialização da transmissividade apresentou R^2 de 0,903, resultando em um campo contínuo de condutividade hidráulica geologicamente consistente, com valores entre $1,56 \times 10^{-6}$ e $3,78 \times 10^{-5}$ m/s. O rebaixamento acumulado máximo estimado foi de 80,9 m no centro urbano, evidenciando a persistência de pressões associadas à exploração intensiva. **Conclusão** A integração entre monitoramento operacional, otimização evolutiva e PINNs mostrou-se uma abordagem promissora para a gestão adaptativa de aquíferos urbanos. A metodologia permite extrair informação hidrogeológica de dados rotineiros de operação, corrigir distorções associadas à interferência entre poços e gerar campos hidráulicos contínuos e fisicamente consistentes. Assim, a proposta se enquadra como uma tecnologia emergente aplicada à gestão de águas subterrâneas, com potencial para apoiar o planejamento de novos poços, a identificação de zonas críticas e a atualização contínua do diagnóstico hidrogeológico do SAG.

Gestão Adaptativa de Aquíferos; Interferência entre poço; Modelagem Informada pela Física; Monitoramento Operacional; Sistema Aquífero Guarani;

DIAGNOSTICO HIDRICO INTEGRADO EM COMPANHIA ESTADUAL DE SANEAMENTO PARA PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS, SEGURANÇA SANITÁRIA E CONFORMIDADE REGULATÓRIA

SANTORO, Ana Carolina Pereira¹; MORAES, Sabrine Conceição²; SILVA, Danilo³;

(1) Water Services and Technologies - São José dos Campos - SP - Brasil; (2) Water Services and Technologies - Belo Horizonte - MG - Brasil; (3) Water Services and Technologies - Florianópolis - SC - Brasil;

Ana Carolina Pereira Santoro (ana.santoro@waterservicestech.com)

Introdução: Empresas de saneamento frequentemente operam extensos patrimônios de captação hídrica com informações dispersas em sistemas legados, planilhas e arquivos físicos, sem visibilidade consolidada sobre a situação individual de cada ponto. Essa fragmentação compromete a conformidade regulatória frente aos sistemas de outorga, dificulta decisões sobre reativação ou desativação de captações inativas, prejudica o controle de qualidade hídrica e fragiliza a segurança do abastecimento público. A implantação de sistemas integrados de gestão de dados constitui estratégia essencial para fortalecer a governança do patrimônio hídrico e apoiar o cumprimento das metas do Novo Marco do Saneamento Básico. **Objetivos:** Estruturar base de dados unificada de poços tubulares e captações superficiais de uma companhia estadual de saneamento, consolidando acervo histórico disperso e gerando diagnóstico individualizado das captações frente às exigências do sistema de outorga de uso de água, avisando a regularização, segurança hídrica e suporte à tomada de decisão. **Método:** O projeto foi executado em cinco etapas: i) levantamento e catalogação de 75.722 arquivos históricos em mais de 70 formatos, totalizando aproximadamente 175.615 páginas com dados estruturados, semiestruturados e não estruturados coexistindo sem padrão comum; ii) saneamento, padronização e validação dos dados com uso de scripts Python e macros, precedidos por extração automatizada de conteúdo via OCR; iii) importação e estruturação das informações no software Hydro GeoAnalyst (HGA), plataforma DBMS especializada em dados hidrogeológicos, organizada em 14 categorias temáticas com relacionamento entre tabelas via banco de dados relacional SQL; iv) geração de fichas individuais por captação mediante consultas SQL integradas a ferramenta Report Builder, consolidando automaticamente informações cadastrais, construtivas, operacionais, hidrogeológicas, de qualidade hídrica e de outorga; e v) elaboração de diagnósticos regionais para suporte ao planejamento de ações administrativas, OPEX e CAPEX. **Resultados:** Foram avaliados 911 poços em operação, 3.399 poços desativados e 254 captações superficiais associadas a 128 barragens e 5 açudes. Entre os poços em operação, verificou-se elevada desconformidade com os requisitos de outorga, com predominância de laudos de qualidade da água e testes de vazão vencidos. A inspeção das estruturas externas identificou poços com risco potencial de contaminação dos aquíferos. Entre os poços desativados, 25% apresentaram potencial de reativação, representando reserva hídrica subterrânea instalada não contabilizada. **Conclusão:** A integração de acervo histórico em plataforma de gestão de dados, aliada ao diagnóstico conclusivo individualizado, demonstrou ser abordagem eficaz para estabelecer panorama completo do patrimônio hídrico de companhia de saneamento de grande porte. Os resultados habilitam tomada de decisão assertiva sobre regularização de outorgas, reativação seletiva de captações inativas, gestão de segurança de barragens e planejamento de investimentos, contribuindo diretamente para a segurança hídrica, a conformidade regulatória e a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais. conformidade regulatória; diagnóstico hídrico; outorga de águas subterrâneas; segurança hídrica; segurança sanitária;

QUEM PROTEGE O QUE NÃO VÊ? PERCEPÇÕES SOCIAIS SOBRE USO, PROTEÇÃO E GOVERNANÇA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

CEREZINI, Monise Terra¹; ARGUELHO, Juliana Sobreira¹; FIGUEIREDO, Andrea Coelho¹; DA SILVA, Isabela Medeiros¹; SOUZA-FERNANDES, Luciana Cordeiro²; FERNANDES, Alexandre Martins³; MESQUITA, Patricia Santos¹; GERMANOS, Erika⁴; NOVAIS, Maria Helena⁵; MENDES, Ana Isabel Silva⁵; MORAIS, Maria Manuela⁶; SAITO, Carlos Hiroo⁷;

(1) Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), Universidade de Brasília (UNB), Brasília, Brasil - Brasília - DF - Brasil; (2) Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), São Paulo, Brasil - Limeira - SP - Brasil; (3) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, Brasil - Rio Claro - SP - Brasil; (4) University of Victoria - Canada; (5) Laboratório de Águas, Universidade de Évora, Évora, Portugal - Portugal; (6) Laboratório de Águas, Universidade de Évora, Évora, Portugal; Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia do Sistema Terrestre e Energia, Universidade de Évora, Évora, Portugal - Portugal; (7) Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), Universidade de Brasília, Brasília, Brasil; Global Water Partnership (GWP), Montevideu, Uruguai - Brasília - DF - Brasil;

Monise Terra Cerezini (mo_terra@yahoo.com.br)

Introdução: As águas subterrâneas desempenham papel estratégico para o abastecimento humano, agricultura e indústria, especialmente diante das mudanças climáticas e da crescente pressão sobre os recursos hídricos superficiais (Amanambu et al., 2020; Lall et al., 2020). Entretanto, sua baixa visibilidade física dificulta a percepção social dos riscos associados à superexploração e à contaminação dos aquíferos, fenômeno frequentemente denominado de “águas invisíveis” (Megdal, 2018; United Nations, 2022). Reconhecendo esse desafio, a ONU adotou como tema do Dia Mundial da Água de 2022 a campanha “Groundwater: Making the Invisible Visible”, buscando ampliar a conscientização sobre a importância dos aquíferos para a segurança hídrica e o desenvolvimento sustentável (United Nations, 2022). **Objetivos:** Analisar as percepções de atores sociais e usuários de recursos hídricos sobre o uso, a proteção e a governança das águas subterrâneas nos municípios de Bauru, Agudos e Piratininga (SP), identificando conflitos percebidos, atividades potencialmente impactantes e posicionamentos em relação à proteção legal dos aquíferos. **Método:** A pesquisa foi desenvolvida por meio de questionário semiestruturado fundamentado na Caixa de Ferramentas IWRM Toolbox da Global Water Partnership (Global Water Partnership, 2001), considerando os pilares ambiente propício, instituições e participação, instrumentos de gestão e financiamento. Foram obtidas 132 respostas entre janeiro e maio de 2024. Os dados foram analisados por estatística descritiva, teste do qui-quadrado, coeficiente V de Cramér e análise de conteúdo das respostas abertas, complementada pela construção de mapas conceituais. **Resultados:** Os participantes identificaram como principais ameaças às águas subterrâneas o saneamento básico deficiente, as atividades agrícolas intensivas, atividades industriais e comerciais, a captação irregular de água e problemas relacionados ao uso e ocupação do solo. O saneamento inadequado foi a categoria mais mencionada, seguido pelas atividades agropecuárias. Em relação à governança, observou-se elevado consenso quanto à necessidade de proteção legal das águas subterrâneas, planejamento técnico e investimentos institucionais. A maioria dos respondentes discordou da afirmação de que regulamentações ambientais prejudicam o desenvolvimento municipal. Os cruzamentos estatísticos indicaram associação significativa entre maior escolaridade e experiência profissional com níveis mais elevados de concordância quanto à necessidade de proteção por leis e regulamentos. Também foi observado que grande parte dos participantes não percebe a proteção das águas subterrâneas como um obstáculo às atividades econômicas. Os resultados reforçam a relevância de abordagens de Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) para a proteção dos aquíferos e o fortalecimento da governança da água (Foster & Ait-Kadi, 2012). **Conclusão:** Os resultados indicam um contexto social favorável ao fortalecimento de instrumentos de gestão integrada e ordenamento territorial voltados à proteção dos aquíferos. A alegação de que legislação restritiva voltada para a proteção dos aquíferos encontraria resistência não foi confirmada. A percepção dos participantes reforça a importância de políticas públicas, regulamentações ambientais, planejamento territorial e participação social para garantir a sustentabilidade das águas subterrâneas e a segurança hídrica regional. aquíferos; gestão integrada de recursos hídricos; governança da água; GWP ToolBox; percepção social;

CONTROLE DO PERFIL DE ALTERAÇÃO NA RESPOSTA A TESTE DE BOMBEAMENTO EM SOLOS RESIDUAIS E IMPLICAÇÕES NO PROJETO GEOTECNICO DE UMA ESTAÇÃO DE METRO

*MONTEIRO, Marcelo Denser¹; ROCHA, Hugo Cássio¹; HIRATA, Fernando Pessoto¹;
(1) Companhia do Metropolitano de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;*

Marcelo Denser Monteiro (marcelo.denser@gmail.com)

Introdução: a determinação de parâmetros hidrogeológicos em solos residuais representa um desafio recorrente em projetos de escavações subterrâneas, em função da elevada heterogeneidade associada aos perfis de alteração. Diferenças estruturais e texturais entre saprolito e horizontes de solo residual podem produzir respostas hidráulicas distintas, impactando a interpretação de ensaios de bombeamento e o dimensionamento de sistemas de rebaixamento. **Objetivos:** avaliar a influência do perfil de alteração na resposta a um teste de bombeamento em maciço de solo residual e discutir as implicações na definição de parâmetros hidrogeológicos para projeto. **Método:** a partir da campanha de investigação geológico-geotécnica, foi realizado um ensaio de bombeamento em poço totalmente penetrante, implantado em perfil composto por solo residual maduro, solo residual jovem e topo rochoso de gnaiss, com monitoramento por piezômetros multiníveis distribuídos a distâncias entre 5 m e 20 m. Os instrumentos foram instalados de forma a isolar duas profundidades representativas do perfil de alteração. A interpretação baseou-se na análise da evolução temporal do rebaixamento e de sua distribuição espacial. **Resultados:** observou-se resposta hidrogeológica contrastante entre as unidades do perfil. Piezômetros instalados no horizonte mais profundo (solo residual jovem, de constituição silto-arenosa) apresentaram rebaixamentos médios significativamente superiores aos registrados no horizonte mais raso (solo residual maduro, mais silto-argiloso), com diferenças da ordem de 3 vezes. O comportamento espacial mostrou formação de cone de rebaixamento coerente na unidade profunda, enquanto a resposta rasa apresentou menor abatimento e possível heterogeneidade lateral. A interpretação indica que o fluxo está concentrado na transição solo residual jovem–topo rochoso, caracterizando esta como principal zona transmissiva, enquanto o solo residual maduro atua como unidade de menor permeabilidade, com comportamento de um aquítarde. Os dados obtidos indicam transmissividade na ordem de 1 a 3 m²/dia e condutividade hidráulica entre 1x10⁻⁶ a 5x10⁻⁶ m/s para o solo residual jovem. **Conclusão:** os resultados demonstram que a resposta a ensaios de bombeamento em solos residuais é fortemente controlada pelo perfil de alteração, podendo levar a interpretações equivocadas quando analisada de forma homogênea. O sistema analisado comporta-se como uma unidade hidroestratigráfica única, porém heterogênea e anisotrópica, com drenagem vertical retardada, compatível com aquíferos semiconfinados. Do ponto de vista de projeto, a não consideração dessa variabilidade pode resultar em adoção inadequada de vazões e raios de influência, com implicações diretas no dimensionamento de rebaixamento e na avaliação das tensões atuantes e estabilidade em escavações profundas.

aquífero semiconfinado; perfil de alteração; Rebaixamento; solo residual; Teste de bombeamento;

DESCOBRINDO AS AGUAS DO GUARANI: FORMAÇÃO DE EDUCADORES PARA A CONSERVAÇÃO DAS AGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARDO

CEREZINI, Monise Terra¹; KANDRATAVICIUS, Simone Monise²; ALCANTARA, Gustavo Barros³; ALCANTARA, Anayra Giacomelli Lamas⁴;

(1) Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), Universidade de Brasília (UNB), Brasília, Brasil - Brasília - DF - Brasil; (2) Associação Cultural e Ecológica Pau Brasil, São Paulo, Brasil - Ribeirão Preto - SP - Brasil; (3) Projeto EcoEduca, São Paulo, Brasil - Ribeirão Preto - SP - Brasil; (4) Projeto Arte na Terra, São Paulo, Brasil - São Joaquim da Barra - SP - Brasil;

Monise Terra Cerezini (mo_terra@yahoo.com.br)

Introdução: O Sistema Aquífero Guarani (SAG) constitui uma das maiores reservas de água doce subterrânea do mundo e desempenha papel estratégico no abastecimento público de diversos municípios da Bacia Hidrográfica do Pardo (SOUZA, 2009). Entretanto, sua natureza subterrânea e pouco visível dificulta a compreensão pública sobre sua importância, fazendo com que as águas subterrâneas permaneçam pouco abordadas nos processos de educação formal e não formal (ALCANTARA, 2018). A invisibilidade física das águas subterrâneas contribui para seu baixo reconhecimento social, apesar de sua relevância para a segurança hídrica global (UNITED NATIONS, 2022). Nesse contexto, a educação e a formação de educadores destaca-se como uma estratégia relevante para ampliar o alcance dessas informações, contribuindo para aproximar a sociedade de conhecimentos hidrogeológicos complexos, favorecendo processos de sensibilização e conservação ambiental (DICKERSON et al., 2007). **Objetivos:** Capacitar educadores dos municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Pardo sobre a conservação das águas subterrâneas do SAG e a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH). **Método:** O projeto foi desenvolvido no âmbito do FEHIDRO e estruturado em formato híbrido, contemplando três módulos: educação a distância (EaD), atividade prática de campo e encontro presencial. O módulo EaD foi composto por oito aulas gravadas e dois encontros síncronos, abordando temas como bacia hidrográfica, Sistema Aquífero Guarani, ameaças às águas subterrâneas, legislação, educação ambiental e gestão integrada dos recursos hídricos. As aulas foram ministradas por especialistas de diferentes instituições de ensino e pesquisa. Os participantes realizaram atividades reflexivas ao longo do curso e elaboraram projetos de intervenção voltados à realidade de seus municípios. A etapa prática incluiu uma expedição técnica a diferentes corpos d'água e equipamentos de educação ambiental de Ribeirão Preto, permitindo a articulação entre teoria e prática. **Resultados:** Foram registradas 109 inscrições dos municípios da Bacia do Pardo entre a primeira e a segunda edições. Foram desenvolvidos materiais didáticos, videoaulas, atividades avaliativas e estratégias de comunicação digital para mobilização dos participantes. As atividades propostas possibilitaram reflexões sobre gestão das águas, conservação do SAG e educação ambiental aplicada ao território. A etapa presencial favoreceu a observação direta de nascentes, córregos urbanos, áreas de recarga e estruturas de abastecimento público, ampliando a compreensão dos conteúdos trabalhados. Como produto final, foram elaborados 31 projetos educativos voltados à temática das águas, abordando aspectos como conservação dos recursos hídricos, formação de professores, educação ambiental, gestão territorial e proteção do Sistema Aquífero Guarani. **Conclusão:** O curso contribuiu para ampliar o conhecimento dos educadores sobre águas subterrâneas e gestão integrada dos recursos hídricos, fortalecendo sua atuação como multiplicadores em processos de educação ambiental. A combinação entre formação teórica, vivências práticas e elaboração de projetos mostrou-se uma estratégia eficaz para promover o engajamento e estimular ações voltadas à conservação do Sistema Aquífero Guarani e dos recursos hídricos da Bacia do Pardo. **Capacitação; Educação Ambiental; Gestão Integrada dos Recursos Hídricos; recursos hídricos; Sistema Aquífero Guarani;**

ESTIMATIVA DA RECARGA SUBTERRANEA NA REGIAO DA INTRUSAO ALCALINO-CARBONATITICA DE CATALAO II (GO)

SANTOS, Gabriel A¹; BERTACHINI, Maurício Nicolau de Assis¹; VAZ, Bárbara Barreto¹; PINTO, Sérgio Fernandes¹; DUTRA, Pedro Henrique¹; LOUZADA, José Luiz de Souza¹; MOREIRA, Henrique Augusto Mourão²;

(1) MDGEO - BH - MG - Brasil; (2) CMOC - Catalão - GO - Brasil;

José Luiz de Souza Louzada (jose.louzada@mdgeo.com.br)

Introdução: A recarga aquífera é o processo pelo qual a água infiltra pelo solo, atravessa a zona não saturada e atinge o nível freático, contribuindo para a reposição das águas subterrâneas. Esse processo depende de fatores como precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial, características do solo, relevo, cobertura vegetal e infiltração. Intrusões alcalino-carbonatíticas possuem alto teor de carbonato e grande importância econômica por concentrarem minerais como fosfatos, nióbio e terras raras. No caso de Catalão II, essas rochas são do Cretáceo Superior, enquanto as rochas encaixantes do Grupo Araxá são muito mais antigas, do Neoproterozoico e apresentam composição e geomorfologia completamente diferentes. Devido às diferenças entre essas unidades geológicas, incluindo relevo, solos, vegetação e uso do solo, há variações na capacidade de infiltração da água, resultando em diferentes taxas de recarga subterrânea.

Objetivos: Utilizando a metodologia proposta por Galvão et. al. (2018), o presente trabalho visa estimar as taxas de recarga subterrânea na região de interesse, utilizando mapas temáticos elaborados abrangendo a região de interesse, associados ao cálculo de balanço hídrico proposto por Thornthwaite & Mather (1955). **Método:** Por meio de uma análise multicritério, baseada em Galvão et al. (2018), para estimar as taxas de recarga e sua distribuição na área de interesse foi empregada uma metodologia utilizando ferramentas de SIG e mapas temáticos para avaliar o potencial de recarga, integrados ao balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955), calculado com dados da estação INMET 83526. O balanço hídrico representa a contabilização das entradas e saídas de água no sistema. Os coeficientes de infiltração foram atribuídos às diferentes classes de potencial de recarga com base nos parâmetros hidrológicos propostos por Tucci (2007). **Resultados:** O balanço hídrico, realizado na estação INMET 83526 foi integrado com dados obtidos por meio do software QGIS, com o qual foram produzidos mapas temáticos de declividade, uso e ocupação do solo e tipo de solo, utilizando dados públicos, que foram posteriormente integrados para gerar um quarto mapa de áreas com diferentes potenciais de recarga e, por consequência, diferentes coeficientes de escoamento superficial e infiltração definidos por Tucci (2007). O valor da recarga calculada para cada mês corresponde ao valor do excedente hídrico daquele mês multiplicado pelo coeficiente de infiltração daquela área. As taxas de recarga foram obtidas pela relação entre a recarga estimada e a precipitação total, expressando o percentual de água infiltrada em relação ao volume precipitado. **Conclusão:** O aquífero do Domo II, associado à intrusão alcalina carbonatítica, apresenta maior potencial de recarga nas áreas mais elevadas, onde há maior exposição rochosa ou coberturas mais permeáveis. Nesses locais, a infiltração direta da precipitação é favorecida pela elevada porosidade da rocha, incluindo porosidade secundária associada ao fraturamento e à dissolução de minerais carbonáticos. Por outro lado, no Grupo Araxá, o potencial de recarga é relativamente menor devido à menor capacidade de condução hídrica das rochas. Nesse caso, a recarga ocorre principalmente em áreas de relevo mais baixo, onde a topografia mais suave, associada a solos mais permeáveis e vegetação esparsa, favorece a infiltração.

Catalão II; hidrogeologia; Intrusão alcalina-carbonatítica; Recarga aquífera;

INTEGRAÇÃO DE TERMOGRAFIA POR UAV E ASSINATURAS HIDROQUÍMICAS PARA INVESTIGAÇÃO HIDROGEOLOGICA EM AMBIENTE PERIGLACIAL ANTÁRTICO

BARBOSA, Alexandre Muselli¹; COTA, Stela Dalva Santos²; GOMES, Ricardo Passos²; NAKAYAMA, Cristina Rossi³; FURQUIM, Sheila Aparecida Correia³; FREITAS, Juliana Gardenalli³;

(1) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Universidade Estadual de Campinas - São Paulo - SP - Brasil; (2) Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - Belo Horizonte - MG - Brasil; (3) Universidade Federal de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;

Alexandre Muselli Barbosa (muselli@ipt.br)

Introdução: A realização de estudos ambientais em regiões periglaciais, como na Antártica, apresenta grandes desafios, como logística, restrições de acesso, curta janela para realização de atividades de campo, limitações no transporte de equipamentos e dificuldades na preservação e processamento de amostras. Sendo necessária a criação de novas abordagens metodológicas e tecnológicas adaptadas às condições criogênicas, particularidades geoquímicas e pedogeológicas desses ambientes. O comportamento hidrogeológico local é controlado pelos ciclos de congelamento e descongelamento, entretanto, existem contribuições de água oriunda de aquíferos, sendo um desafio a identificação e diferenciação da origem da água. Uma estratégia é a utilização da assinatura hidroquímica por meio da determinação das concentrações de radônio, que se acumula na água quando em contato com formações geológicas e pode indicar características de origem da água analisada. Sendo um método de rápida detecção, sem necessidades de preparo das amostras e realizado em equipamento portátil, se adequando às necessidades em ambientes remotos.

Objetivos: Proposta de método híbrido de caracterização hidrogeológica combinando dados digitais adquiridos por drone termal e dados convencionais coletados em campo para a identificação dos fluxos superficiais e subterrâneos na Península Keller, Antártica. Sendo as atividades parte do projeto INTERFACES (processo CNPq 440906/2023-7), do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR).

Método: A aquisição de dados de terreno e termografia foi realizada com drone DJI Mavic 2 Enterprise Advanced, com sensor térmico radiométrico com faixa espectral de 8 a 14 μm , sendo as imagens processadas e interpretadas no programa DJI Thermal Analysis Tool 3. As amostras para determinação de radônio foram coletadas em quatro pontos, em frascos livres de bolhas, e analisadas em sistema RAD7 nos laboratórios da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), sendo determinadas as concentrações de radônio dissolvido em água (Bq/L). A integração dos dados foi realizada em GIS, possibilitando a espacialização e interpretação dos dados obtidos em campo. **Resultados:** Por meio das imagens termográficas foi possível identificar os fluxos de distribuição da água superficial ao longo do terreno, decorrentes do degelo dos glaciares locais, sendo a temperatura da água abaixo de 2°C. Os pontos de surgência foram identificados como regiões de anomalia térmica, sem continuidade a montante dos pontos de coleta, demonstrando que a ocorrência da água em superfície é oriunda da presença de fluxo a partir do aquífero local. As análises de radônio identificaram dois padrões distintos, sendo dois pontos sem leituras de radônio, associados à água de degelo do glacier; e dois com identificação de radônio com 591 Bq/L e 1810 Bq/L, que corroboram com as assinaturas térmicas e classificam esses pontos como surgência, com água oriunda do aquífero. **Conclusão:** A aplicação de caracterização híbrida para estudos ambientais em áreas remotas se mostrou viável, sendo possível a identificação de pontos adequados para amostragem e a diferenciação dos ambientes por meio de assinatura térmica do solo e hidroquímica, possibilitando uma amostragem mais assertiva, otimizando recursos e tempo. A integração dos dados possibilitou a identificação e diferenciação da água de superfície, oriunda do degelo, da água de subsuperfície, comprovando a contribuição e presença de aquíferos na Península de Keller.

água subterrânea; Antártica; Caracterização Híbrida; Investigação Ambiental; Solo;

GESTÃO DE INCERTEZAS EM PREVISÕES HIDROGEOLÓGICAS APLICADAS AO PLANEJAMENTO DE MINA: ABORDAGEM PROBABILÍSTICA DE INFLUXOS SUBTERRÂNEOS POR MEIO DE MODELAGEM NUMÉRICA DE FLUXO

PEREIRA, Adrieli Thalia¹; COSTA, Felipe Andre Ferreira¹;

(1) WSP - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Adrieli Thalia Pereira (adrieli.pereira@ws.com)

Introdução: A previsão de influxos subterrâneos constitui uma etapa crítica no planejamento mineral, uma vez que estimativas de vazões podem resultar em subdimensionamento de sistemas de bombeamento, aumento de custos operacionais e riscos geotécnicos. Nesse cenário, modelos numéricos integrados são ferramentas essenciais para representação do sistema e suporte à tomada de decisão (Freeze and Cherry, 1979). Em sistemas hidrogeológicos complexos, a variação dos parâmetros e as limitações de dados implicam em incertezas significativas, mesmo em modelos calibrados. Nesse contexto, abordagens determinísticas tornam-se limitadas para o planejamento operacional, sendo necessária a incorporação explícita das incertezas nas estimativas. **Objetivos:** O objetivo é diminuir a incerteza associada às estimativas de contribuição subterrânea para o desaguamento de uma mina por meio de análises de sensibilidade aplicadas a um modelo numérico de fluxo, sob uma abordagem probabilística. **Método:** O modelo conceitual foi desenvolvido a partir da integração de dados geológicos, estruturais, hidrogeológicos e hidrográficos, permitindo a interpretação de unidades hidrogeológicas, mecanismos de recarga e descarga e interações com estruturas antrópicas. O modelo numérico, realizado no software FEFLOW, incorporou o desenvolvimento da geometria da mina e o sistema de desaguamento, calibrado em regimes permanente e transiente para representar a dinâmica hidrogeológica (Anderson e Woessner, 2015). A avaliação das incertezas foi realizada por meio de 48 análises de sensibilidade paramétrica do tipo one-at-a-time (OAT), na qual condutividade hidráulica, armazenamento, porosidade e recarga foram variados individualmente, por unidade hidrogeológica. Essa abordagem permite avaliar a influência de cada parâmetro no modelo (Mishra, 2009), embora não considere explicitamente as interações entre eles. As estimativas da contribuição de vazões subterrâneas foram analisadas por meio de percentis, permitindo a construção de faixas probabilísticas de previsão de vazão. **Resultados:** A análise probabilística permitiu identificar intervalos de variação relevantes nas vazões previstas e os resultados evidenciam que as incertezas associadas aos parâmetros hidrogeológicos influenciam significativamente na magnitude e distribuição espacial das contribuições subterrâneas. Os influxos aumentam progressivamente com o avanço das cavas. A análise por unidade hidrogeológica indica que determinadas unidades contribuem de forma mais significativa tanto para o fluxo quanto para a incerteza global, evidenciando a heterogeneidade do meio. A análise por cava, associada ao sequenciamento de lavra, demonstra influência em períodos de paralisação e fechamento, que impactam diretamente no dimensionamento do sistema de desaguamento. O uso de percentis (P5–P95) mostrou-se adequado para representar a variabilidade dos resultados, fornecendo uma faixa de respostas mais ou menos conservadoras em substituição a valores determinísticos. **Conclusão:** A adoção de intervalos de previsão em substituição a estimativas determinísticas representa uma prática mais adequada para suportar decisões de engenharia em ambientes hidrogeológicos complexos, contribuindo para a definição de cenários operacionais mais robustos, identificação de áreas prioritárias para monitoramento e investigação e redução de riscos associados ao subdimensionamento de sistemas de bombeamento.

análise de incertezas; desaguamento de mina; fluxo subterrâneo; modelagem hidrogeológica; sensibilidade paramétrica;

CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIACHO DO BOI MORTO E VEREDA DO TABULEIRINHO (MG)

MONTEIRO, Letícia Pereira dos Santos¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes de¹; SOARES, Luiza Monteiro Espíndola¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; MACÊDO, Vitória Gomes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;

(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Letícia Pereira dos Santos Monteiro (letterpds@gmail.com)

Introdução: A determinação hidroquímica das águas subterrâneas é fundamental para a compreensão da dinâmica rocha-água e seus processos. Na Bacia do Riacho do Boi Morto e Vereda do Tabuleirinho, localizada no município de São Francisco - Minas Gerais, entender o seu caráter químico é essencial para identificar a evolução geoquímica do aquífero. **Objetivos:** A análise tem como objetivo realizar a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas nas bacias hidrográficas do Riacho do Boi Morto e Vereda do Tabuleirinho, identificando as principais classes hidroquímicas e os processos de evolução da água de acordo com as concentrações dos íons presentes nas amostras coletadas na região. **Método:** A partir da titulação feita em laboratório de 8 amostras coletadas em campo, foram utilizados valores dos dados analíticos para criar diagramas, dentro do software Qualigraf, plotando as concentrações em miliequivalentes por litro nos diagramas de Piper e Stiff, ferramenta que permite classificar a amostragem. Os íons analisados foram os ânions (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} e SO_4^{2-}) e os cátions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). **Resultados:** Os diagramas de Piper determinaram que há uma predominância do íon bicarbonato (HCO_3^-) presente em todas as amostras de água. No entanto, os ânions apresentaram uma pluralidade em sua classificação. As amostras F1.2, P43.2 e 14D.2 se mostraram presentes no vértice do cálcio (Ca^{2+}), sendo então caracterizadas por águas Cálcicas Bicarbonatadas, já as amostras 12Conv.2, P28-2.2, FZCB1 e HB2 caíram no vértice do sódio, indicando águas Sódicas Bicarbonatadas. Observando os diagramas de Stiff, foi possível identificar três morfologias principais: a primeira forma apresenta um formato com vértices alongados nos eixos do Ca^{2+} e HCO_3^- ; a segunda forma expressa um padrão com alargamento nas linhas de Na^+ e K^+ ; e na terceira forma há um alargamento horizontal simultâneo da linha para o lado do HCO_3^- e Mg^{2+} , o que indica hidroquimicamente uma zona de mistura de águas. **Conclusão:** A integração dos diagramas de Piper e Stiff permitiu correlacionar a classificação geral das fácies com as morfologias obtidas, sendo eficaz para caracterizar o tipo de água e o comportamento hidroquímico na área de estudo. A identificação dessas formas e agrupamentos comprova que, apesar da predominância do tipo de água bicarbonatada marcada pelo íon bicarbonato (HCO_3^-), há uma certa heterogeneidade em relação aos cátions. A alternância entre águas cálcicas e sódicas, com a ocorrência de uma mistura pode indicar que o fluido aquífero permaneceu por mais tempo em contato com as rochas da bacia.

águas subterrâneas; Fácies químicas; Geoquímica; Interação rocha-água;

DIVULGAÇÃO E POPULARIZAÇÃO DA HIDROGEOLOGIA POR MEIO DA CAPACITAÇÃO DE PROFESSORES DE GEOGRAFIA DO ENSINO BÁSICO DE SANTA MARIA E REGIÃO

PRESTES, Kamila Viana¹; DIAS, Mauricio Maciel¹; MARQUETTO, Luciano¹; BEZERRA, Aline SOBREIRA¹;

(1) Universidade Federal de Santa Maria - Santa Maria - RS - Brasil;

Kamila Viana Prestes (k4milaviana@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas desempenham papel fundamental na segurança hídrica das populações, especialmente diante do aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos e das crescentes pressões sobre os recursos hídricos superficiais. Apesar de sua relevância ambiental, social e econômica, a hidrogeologia ainda é pouco conhecida pela população em geral e possui presença limitada nos espaços escolares. Nesse contexto, ações de divulgação científica e educação hidrogeológica tornam-se importantes para ampliar a compreensão da sociedade sobre a origem, mecanismos de transporte e contaminação, conservação e utilização sustentável das águas subterrâneas. **Objetivos:** Promover a divulgação e a popularização da hidrogeologia por meio da capacitação de professores de Geografia e Ciências da educação básica, contribuindo para a disseminação do conhecimento sobre aquíferos, recursos hídricos subterrâneos e sua importância para a segurança hídrica. Além disso, desenvolver materiais e práticas didáticas acessíveis que possam ser reproduzidos em diferentes contextos educacionais. **Método:** As atividades de divulgação e popularização são desenvolvidas por meio de oficinas, palestras e ações extensionistas voltadas a professores/professoras e estudantes da educação básica. Nessas ações, são utilizados modelos hidrogeológicos didáticos de baixo custo e fácil reprodução, capazes de demonstrar visualmente processos como infiltração, recarga de aquíferos, interação entre águas superficiais e subterrâneas, transporte de contaminantes e monitoramento da qualidade da água. Também são realizadas atividades de cartografia colaborativa, utilização de mapas hidrogeológicos, análises práticas de parâmetros da água (pH) e produção de conteúdos educativos para redes sociais. Por último, tem-se iniciado o uso de impressão de modelos em 3D para representar situações mais complexas (aquíferos fraturados). **Resultados:** As ações foram levadas a 8 escolas e 4 eventos, tendo despertado interesse entre professores e estudantes, resultando na ampliação da proposta e na realização de oficinas em mais escolas e eventos acadêmicos da região. As atividades práticas mostraram-se especialmente eficazes para promover o engajamento dos estudantes, enquanto a divulgação em redes sociais possibilitou alcançar públicos diversos por meio de conteúdos acessíveis sobre hidrogeologia e recursos hídricos. **Conclusão:** A utilização de metodologias práticas e recursos didáticos acessíveis demonstrou grande potencial para a popularização da hidrogeologia e para a aproximação entre universidade, escolas e comunidade. As experiências desenvolvidas evidenciaram a necessidade de ampliar as ações realizadas, contribuindo para a formação de professores, para a conscientização ambiental da população e para a construção de uma cultura de valorização e proteção das águas subterrâneas.

divulgação científica; Educação Ambiental; Extensão; hidrogeologia; segurança hídrica;

SIGMA COMO FERRAMENTA DE APOIO A DECISAO NA GESTAO DE AGUAS SUBTERRANEAS: APLICACAO A CLASSIFICACAO HIDROQUIMICA DO AQUIFERO GUARANI

*VIEIRA, Luisa Costa Martins¹; GUIMARÃES, Marcos Helênio Freire¹;
(1) Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Luisa Costa Martins Vieira (luisa.vieira@meioambiente.mg.gov.br)

Introdução: O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) é o órgão estadual responsável pelo monitoramento das águas subterrâneas de Minas Gerais. A gestão dessas informações demanda ferramentas capazes de integrar séries históricas, garantir rastreabilidade, padronizar fluxos e subsidiar a tomada de decisão. Nesse contexto, o Sistema Integrado de Gestão de Monitoramento das Águas (SIGMA) representa a transição de processos segmentados para um modelo integrado de governança de dados e suporte à decisão, estruturando em um ambiente único o planejamento, a entrada padronizada e validação de dados laboratoriais, além da geração de produtos analíticos. **Objetivo:** Propõe-se apresentar o SIGMA como ferramenta inovadora na gestão, validação e análise de dados de águas subterrâneas, com ênfase na padronização da entrada de dados laboratoriais, nos processos de QA/QC e na geração de produtos analíticos. Adicionalmente, demonstrar a aplicação da classificação hidroquímica na rede de monitoramento estadual do aquífero Guarani, adotada como estudo de caso. **Método:** O estudo baseou-se na sistematização do fluxo do SIGMA e na aplicação do produto analítico de classificação hidroquímica aos pontos da Rede Guarani, com série histórica de 2009 a 2025. Os dados são inseridos por meio de planilha padronizada, submetidos a validações estrutural (N0) e a rotinas automatizadas de QA/QC (N1 e N2), assegurando consistência e rastreabilidade. A classificação é realizada a partir do cálculo da predominância relativa dos principais íons dissolvidos, com base nas proporções em miliequivalente por litro. O SIGMA efetua a classificação para os cátions e ânions, além de exibir o percentual de cada íon, para todas as amostras selecionadas. **Resultados:** Após a inserção dos resultados analíticos no SIGMA, aciona-se automaticamente a validação estrutural (N0), como campos obrigatórios e uniformização das nomenclaturas. O fluxo segue para o QA/QC, no qual são verificadas a consistência físico-química, a coerência estatística da série histórica e a conformidade das amostras de controle. O SIGMA, então, publica os dados e automatiza os produtos. Na Rede Guarani, observou-se predomínio de águas bicarbonatadas sódicas, com 24 amostras das 65 analisadas, seguido por sulfatadas sódicas e bicarbonatadas mistas (16 cada) e, em menor número, bicarbonatadas cálcicas (9). A maior variabilidade ocorreu no município de Conceição das Alagoas, abrangendo as quatro classificações encontradas, sendo as bicarbonatadas sódicas mais frequentes, enquanto todas as amostras de Cachoeira Dourada foram classificadas como sulfatadas sódicas e as de Frutal como bicarbonatadas sódicas. Em Uberaba, a preponderância deu-se pelas bicarbonatadas mistas, encontrando também cálcicas e sódicas. **Conclusão:** O SIGMA representa avanço na gestão de águas subterrâneas em Minas Gerais ao integrar dados, padronizar processos e automatizar análises, promovendo maior celeridade no processamento e disponibilização das informações. Sua aplicação na Rede Guarani evidencia seu potencial como ferramenta de apoio à decisão, contribuindo para a identificação de padrões hidrogeoquímicos, avaliação da qualidade da água e fortalecimento das políticas públicas voltadas à segurança hídrica. águas subterrâneas; classificação hidroquímica; gestão de dados; monitoramento; SIGMA;

MAPEAMENTO DE VULNERABILIDADE: PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA SUBTERRÂNEA NA BACIA DO RIACHO DO BOI MORTO E VEREDA DO TABULEIRINHO (MG)

MONTEIRO, Letícia Pereira dos Santos¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes de¹; SOARES, Luiza Monteiro Espíndola¹; QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; MACÊDO, Vitória Gomes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹;

(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Letícia Pereira dos Santos Monteiro (letterpds@gmail.com)

Introdução: A avaliação da vulnerabilidade é uma ferramenta essencial para o manejo das águas subterrâneas. Na Bacia do Riacho do Boi Morto e Vereda do Tabuleirinho, localizada no município de São Francisco-MG, compreender o quão suscetível está o aquífero permite identificar quais setores subterrâneos estão mais expostos às cargas poluidoras, logo sem proteção natural.

Objetivos: Este trabalho teve como objetivo mapear, identificar e classificar o grau de vulnerabilidade à contaminação na área de estudo conforme a profundidade do nível d'água.

Método: A construção dos mapas analisados foi através do software QGIS Desktop versão 3.34.11, utilizando dados de nível estático e cota topográfica de poços tubulares, extraídos do banco de dados online IDE-SISEMA, SIAGAS e dados coletados em campo na região. Para a determinação do índice de vulnerabilidade, aplicou-se a metodologia original do SINTACS, utilizando o parâmetro de profundidade do nível d'água, assim atribuindo notas que variam de 1 a 10 conforme o grau de vulnerabilidade. Paralelamente, foi elaborado um mapa potenciométrico para visualizar o fluxo subterrâneo. Resultados: Analisando os mapas é possível compreender a dinâmica das águas e o nível de profundidade que influenciam a proteção subterrânea da bacia. O fluxo das águas subterrâneas direciona-se da porção sul, região onde ocorrem as maiores elevações topográficas (>600 m), em direção à porção norte da bacia (<460 m). Quando cruzado com o mapa de vulnerabilidade classificado pelo grau de 1 a 10, a partir do SINTACS, é evidente que as áreas mais críticas ficam na porção norte, no centro e perto das drenagens da bacia. Nesses locais, o nível d'água é bem raso, o que deu nota de classificação máxima e muito alta (grau 10 e 9), poços como o P109 (NE= 2,4 m), P100 (NE= 2,76 m) e P113 (NE= 8,76 m) comprovam que o nível está muito próximo à superfície, o que facilita a provável contaminação. Por outro lado, a porção sul apresentou baixa vulnerabilidade à contaminação com nota 1, pois o nível d'água é mais profundo nessa localidade da bacia, atenuando o potencial de transporte de contaminantes até o aquífero.

Conclusão: Os mapas gerados deixam perceptível que a proteção natural do sistema aquífero varia significativamente conforme o gradiente geográfico (Norte-Sul) e que depende diretamente de quão profunda a água está perante a cota. Diante do comportamento direcionado do fluxo potenciométrico, torna-se fundamental assegurar sua proteção, uma fiscalização e manejo de meios contaminantes suscetíveis a região.

; águas subterrâneas; Aquífero; Fluxo potenciométrico; Vulnerabilidade à contaminação;

CARACTERIZAÇÃO DO SOLO NO ENTORNO DE POÇOS TUBULARES COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE DO AQUIFERO

*PRESTES, Kamila Viana¹; SCHEMMER, João Pedro Braga¹; KUCHINSKI, Vinicius¹; PEREIRA, Camila Martins¹; QUINTANA, Anderson Costa¹; BREIDENBACH, Djenifer Graf²; MARQUETTO, Luciano¹; AITA, Rômulo Augusto Aragones¹; DE SOUZA, José Paulo Stangler¹;
(1) Universidade Federal de Santa Maria - Santa Maria - RS - Brasil;*

Kamila Viana Prestes (k4milaviana@gmail.com)

Introdução: A água subterrânea desempenha papel fundamental no abastecimento humano e na manutenção dos ecossistemas, porém a escassez de informações sobre as características do meio físico dificulta a gestão sustentável dos aquíferos e a avaliação de sua vulnerabilidade. Nesse contexto, estudos que visem caracterizar o sistema aquífero subjacente a qualquer área urbanizada auxiliam na compreensão da dinâmica da água subterrânea, da vulnerabilidade do sistema aquífero, e dos potenciais riscos de contaminação do mesmo. **Objetivos:** Este trabalho tem como finalidade analisar as propriedades físicas do solo no entorno de 18 poços localizados na área de estudo, pertencente a uma única instituição. **Método:** Os procedimentos metodológicos envolvem coleta de amostras de solo ao nível do solo na proximidade de cada um dos poços, destinados a ensaios de granulometria, condutividade hidráulica saturada e retenção de água em mesa de tensão. Para a granulometria, são coletados 2 kg de amostras deformadas, a fim de analisar o tamanho e proporção das partículas; a condutividade hidráulica é medida a partir de 5 amostras indeformadas em cilindros de 50 x 50 mm (98,125 mm³); a macro e microporosidade (mesa de tensão), são medidas em triplicata usando 3 cilindros de 50 mm de diâmetro por 20 mm. **Resultados:** Até o momento foram amostrados quatro dos dezoito poços da área de interesse, com resultados indicando correlação forte ($R^2 = 0,71$) entre macroporosidade e condutividade, enquanto os percentuais granulométricos não apresentaram correlação significativa com a condutividade. Os resultados até então obtidos de granulometria e de macro e microporosidade do solo apresentaram-se insuficientes para explicar por completo os valores de condutividade hidráulica obtidos, sugerindo que pode haver um maior número de variáveis influenciando a condutividade hidráulica. Além disso, a influência da própria estrutura do solo em superfície, fortemente heterogênea, pode influenciar esses resultados. **Conclusão:** Os resultados dos 4 poços amostrados indicam forte correlação entre macroporosidade e condutividade hidráulica, no entanto a força estatística destes resultados ainda é baixa. Espera-se que a integração de novos dados permita uma caracterização mais detalhada das áreas estudadas, porém considera-se também que seja necessário incluir novos determinantes na análise visando ampliar a significância dos resultados. água subterrânea; condutividade hidráulica; mesa de tensão; teste de granulometria;

Mapeamento preditivo do potencial aquífero em terrenos cristalinos utilizando arquitetura hierárquica de aprendizado de máquina

BARCELOS, Marcela Barbosa¹; CAMACHO, Clyvikh Renna²; MOURÃO, Maria Antonieta Alcantara²; BACELLAR, Luis Almeida Prado¹;

(1) UFOP - OURO PRETO - MG - Brasil; (2) SGB - BELO HORIZONTE - MG - Brasil;

Marcela Barbosa Barcelos (marcela.barcelos@mdgeo.com.br)

Introdução: A elevada heterogeneidade geológica e estrutural dos aquíferos em terrenos cristalinos dificulta a identificação de áreas favoráveis à exploração de água subterrânea. A capacidade específica dos poços é amplamente utilizada como indicador da produtividade aquífera, porém a complexidade das relações entre os condicionantes hidrogeológicos limita sua representação por métodos convencionais. Nesse contexto, técnicas de aprendizado de máquina permitem integrar múltiplas variáveis e modelar relações não lineares para estimar o potencial aquífero. **Objetivos:** Desenvolver e avaliar uma arquitetura hierárquica baseada em aprendizado de máquina para classificação do potencial aquífero em terrenos cristalinos e geração de um mapa preditivo com resolução espacial de 500 m. **Método:** O potencial aquífero foi definido a partir da capacidade específica dos poços, adaptando-se a classificação de Diniz (2014), agrupando-se as classes Muito Baixa e Baixa ($<1 \text{ m}^3/\text{h/m}$), mantendo-se a Moderada ($1-2 \text{ m}^3/\text{h/m}$) e reunindo-se Alta e Muito Alta ($>2 \text{ m}^3/\text{h/m}$). Foram utilizadas variáveis relacionadas à geotectônica, litologia, lineamentos morfoestruturais, geomorfologia, drenagem, topografia, cobertura do solo e índices ambientais. A metodologia foi estruturada em duas etapas: (i) calibração de modelos específicos para cada compartimento geotectônico utilizando os algoritmos Random Forest, XGBoost, LightGBM, CatBoost, SVM-RBF, MLP e GRU; e (ii) integração das probabilidades geradas pelos modelos regionais por meio de um meta-modelo global baseado em Stacking. O modelo final foi aplicado a um grid regular de 500 m para geração do mapa preditivo. **Resultados:** O SVM-RBF apresentou o melhor desempenho entre os classificadores avaliados, alcançando acurácia de 89,9%, acurácia balanceada de 85,8%, Kappa de 0,802, MCC de 0,802 e F1-macro de 0,862, evidenciando elevada capacidade de generalização. A classificação das classes Moderado e Alto potencial também apresentou elevados valores de precisão e F1-score, indicando desempenho consistente mesmo para as classes minoritárias. As variáveis mais relevantes estiveram associadas à distância à drenagem, orientação estrutural, distância a lineamentos, densidade de lineamentos, espessura do manto de alteração, índices de vegetação e variáveis topográficas, com diferenças de relevância entre os compartimentos geotectônicos. No modelo global de Stacking, as maiores contribuições foram provenientes das probabilidades produzidas pelos modelos XGBoost e LightGBM, evidenciando que o meta-modelo aprendeu a integrar as informações fornecidas pelos classificadores regionais. A aplicação da arquitetura ao grid regular permitiu gerar um mapa contínuo do potencial aquífero, representando espacialmente a distribuição das três classes em toda a área de estudo. **Conclusão:** A arquitetura hierárquica proposta demonstrou elevado desempenho preditivo e boa capacidade de generalização, evidenciando que a combinação de modelos regionais e integração por Stacking constitui uma estratégia robusta para o mapeamento do potencial aquífero em terrenos cristalinos. A abordagem permitiu incorporar a variabilidade hidrogeológica dos diferentes compartimentos geotectônicos, produzindo um mapa de potencial aquífero consistente e com potencial aplicação no planejamento da exploração sustentável das águas subterrâneas e à definição de áreas prioritárias para investigações hidrogeológicas.

; Aprendizado de máquina; Capacidade específica; Potencial aquífero; Terrenos cristalinos;

PELOTAMENTO A FRIO DE REJEITOS: MICROENCAPSULAMENTO DE ARSENIO E ALTERNATIVA AO EMPILHAMENTO DRENADO NA MINERAÇÃO

*DA GAMA, Evandro Moraes¹; DA GAMA, Felipe Abbas¹;
(1) TERRA VIVA - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Felipe Abbas da Gama (felipe.abbas@mdgeo.com.br)

Introdução: A gestão de recursos hídricos e de rejeitos constitui um dos desafios mais críticos da mineração contemporânea. Apesar dos avanços na otimização de circuitos fechados no processamento mineral — que reduziram significativamente o consumo de água nova —, o manejo hídrico nas etapas de lavra e disposição final ainda apresenta severos gargalos técnicos. Na lavra, práticas como a aspersão de vias para controle de particulados resultam na infiltração não controlada de água, impactando negativamente os aquíferos subterrâneos. No armazenamento de rejeitos, o método de empilhamento drenado foi amplamente adotado após falhas estruturais históricas em barragens de contenção. Contudo, a estabilização dessas estruturas depende do gerenciamento integral das propriedades do rejeito, e não apenas da remoção do aporte hídrico. O excesso de umidade residual induz poropressão, perda de coesão e empuxos súbitos, impondo restrições técnicas complexas para conciliar metas de produtividade e segurança geotécnica. **Objetivo:** Este trabalho apresenta uma análise comparativa entre a disposição convencional por empilhamento drenado e o processo de pelotamento a frio por microencapsulamento, avaliando sua viabilidade como rota tecnológica de economia circular. Investigou-se a eficácia de uma matriz aglomerante de metacaulinita e cimento especial na passivação física e no aprisionamento químico de contaminantes complexos (especificamente o arsênio), visando a estabilização do material em pelotas homogêneas com granulometria superior a 50 mm. **Resultados** A avaliação comparativa do processo de pelotamento a frio demonstrou indicadores consistentes de desempenho técnico e ambiental. A aglomeração do rejeito em pelotas estruturadas eliminou o potencial de liquefação do material, mitigando os riscos de rupturas catastróficas associados aos métodos de empilhamento convencional. No âmbito da sustentabilidade e da segurança do meio ambiente, o microencapsulamento químico e físico promoveu o aprisionamento efetivo dos íons de arsênio, reduzindo drasticamente o potencial de lixiviação e prevenindo a contaminação de corpos hídricos subterrâneos. Adicionalmente, a estabilização granulométrica otimizou a ocupação espacial das áreas de estocagem, apontando para uma potencial redução nos custos operacionais (OPEX) de longo prazo. Por fim, constatou-se que a conversão do rejeito em um coproduto estável atende de forma prática e mensurável aos critérios ambientais, sociais e de governança (ESG) exigidos do setor mineral moderno.

Economia Circular; ESG; Geotecnia Ambiental; Pilhas Drenantes;

O DILEMA (HIDRO) GEOÉTICA: AS AGUAS SUBTERRANEAS NA DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS: CASOS DA BACIA DO RIO PIRACICABA, MG

GONÇALVES, JOSÉ AUGUSTO COSTA¹; COSTA, ELIANA OLIVEIRA¹; MILANI, AUGUSTO COSTA MAHATMA²;

(1) UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - Itabira-MG - MG - Brasil; (2) UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - VIÇOSA - MG - Brasil;

JOSÉ AUGUSTO COSTA GONÇALVES (jaucosta@gmail.com)

Introdução: O conceito de (hidro) geoética, articula ética, sociedade e (hidro) geologia. A interação entre essas áreas já é conhecida como Geologia Social. A mineração é uma atividade controversa, gerando inúmeros impactos, negativos e positivos, tanto ambientais quanto sociais. Não há um consenso que permita desenvolver uma atividade mineradora livre de conflitos com a população, estabelecendo assim um grande dilema (hidro) geoético. A existência do dilema, propõe alguns cenários que podem ajudar na construção de soluções para melhoria da convivência com a atividade mineradora, partindo da tradição de que a mineração faz parte da sociedade do território das minas (gerais). **Objetivos:** O trabalho objetivou avaliar o Marco Legal da descaracterização de barragens de rejeitos e na gestão de rejeitos não inertes com vistas à proteção dos recursos hídricos subterrâneos. **Métodos:** A metodologia da pesquisa é uma abordagem qualitativa, baseada em dados secundários, analisando o marco regulatório e os procedimentos técnicos de descaracterização de barragens, com ênfase na proteção das águas subterrâneas em Minas Gerais, utilizando a bacia hidrográfica do Rio Piracicaba como área de estudo. **Fonte de Dados:**

*ANM/FEAM/SIGIBAR - Inventário de barragens; *FEAM/SEMAD - Sistema de Decisões de Processos de Licenciamentos Coleta de dados anuais dos licenciamentos, planos de descaracterização e relatórios ambientais; *ANA - Legislação Federal Recursos Hídricos e Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), CONAMA 237/1997 (Licenciamento Ambiental); *IDE SISEMA - Obtenção de atributos ambientais e georreferenciamento para contextualização das barragens e avaliação da biodiversidade. **Resultados:** Como resultados constatou-se que as leis 14.066/2020 e 23.991/2019 são insuficientes, e demonstram baixa eficácia, pois suas lacunas regulatórias se manifestam de forma transversal, em todos os métodos construtivos, e crônica, em todas as fases do ciclo de vida da barragem, comprometendo diretamente o controle de passivos de alto risco, que comprometem quantitativa e qualitativamente os mananciais hídricos subterrâneos. **Conclusões:** As conclusões são: *O Limbo Regulatório da Descaracterização e a Exposição do Risco Geotécnico - O processo de descaracterização, introduzido pela Lei Federal nº 14.066/2020 e Lei Estadual 23.991/2019, carece de um código de atividade e rito de licenciamento específicos nas DN 217/2017, na CONAMA 237/1997. A ausência do rito de fechamento dificulta a reavaliação periódica do passivo ambiental, comprometendo a segurança geotécnica e hídrica; *A crise da inércia administrativa - Falência do controle de risco e do ciclo de vida da licença é a falha mais disseminada, com Licenças de Operação, vencidas há anos, impedindo a reavaliação periódica do risco ambiental; *Falha na Gestão do Risco Químico - falha em controlar o risco de contaminação por rejeitos de alta periculosidade. Estruturas classificadas de alto Potencial de Dano Ambiental (PDA), e que armazenam rejeitos Classe II A (Não Inertes), operam com LO vencidas, expondo a bacia do Rio Piracicaba a riscos de contaminação superficial e subterrânea por cianeto, arsênio e metais pesados; *A Patologia do Enquadramento Indireto - A análise dos processos revela que o órgão licenciador frequentemente licencia o risco da barragem sob códigos de atividades genéricas, desviando o foco do risco estrutural.

Descaracterização de Barragens; Geologia Social; Palavras-chave: (Hidro) Geoética;

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE COM BASE NA RECARGA DAS UNIDADES AQUIFERAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO BOI MORTO EM SÃO FRANCISCO, MG.

QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz Lopes¹; MONTEIRO, Leticia Pereira dos Santos¹; SOARES, Luiza Monteiro Espíndola²; MACEDO, Vitória Gomes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio³;

(1) Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], departamento de Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil; (3) Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências Universidade Federal de Minas Gerais, - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Rafael Fernando Marinho Quintão (rafafmquintao@gmail.com)

Introdução: Mediante a um crescimento populacional constante e expansão de atividades antrópicas, é ampliada a pressão sobre recursos naturais como a água subterrânea. Dessa forma, métodos de avaliação da vulnerabilidade à contaminação de sistemas aquíferos se tornam ferramenta de destaque para a gestão sustentável de recursos hídricos, promovendo a identificação de áreas de maior risco a contaminação. Este estudo tem enfoque na bacia hidrográfica do Riacho do Boi Morto, situada na região Norte do estado de Minas Gerais. Nesta região, conforme Romano et al. (2015) afloram as rochas pelíticas e carbonáticas do Grupo Bambuí, sobrepostas por coberturas cenozóicas. **Objetivos:** Este estudo tem como objetivo a avaliação da vulnerabilidade a contaminação da área de estudo tendo como base valores médios de recarga das unidades aquíferas identificadas na região. **Método:** A metodologia para avaliação da vulnerabilidade a partir da recarga aquífera será baseada nos trabalhos de Zupo (2024). A recarga é definida como a reposição sazonal de água no aquífero, sendo medida em mm/ano. Este parâmetro tem uma relação direta com a vulnerabilidade: quanto maior a recarga, maior a vulnerabilidade. Dessa forma, foram atribuídos índices que variam entre 1 e 10 conforme o comportamento da recarga das unidades aquíferas identificadas na área de estudo. Valores de recarga inferiores a 70mm/ano recebem índice 1, valores entre 70 e 140mm/ano recebem índice 2, valores entre 140 e 210 mm/ano recebem índice 4, intervalos de 210 a 280 mm/ano comportam índice 6, taxas de 280 a 350 mm/ano recebem índice 8 e, por fim, recargas superiores a 350mm/ano são classificados com índice 10. As taxas de recarga das unidades aquíferas da área de estudo foram obtidas a partir de consultas bibliográficas, principalmente de Paula (2012), que estimou as taxas de recarga de três zonas de recarga diferenciadas: o domínio dos calcários superiores (formação lagoa do jacaré), o domínio dos metapelitos (formação Serra de Santa Helena), e, por fim, uma região de coberturas sedimentares (Coberturas terciárias e quaternárias), superpostas ao domínio dos calcários inferiores, desconsiderados neste estudo. **Resultados:** Como resultado, temos que, a maior taxa de recarga reside no domínio dos calcários superiores (75,56mm/ano), seguido do aquíferos porosos das coberturas sedimentares (36,50mm/ano) e por fim o aquífero pelítico (6,21mm/ano), totalizando um valor total de 118,27 mm/ano de recarga na área de estudo. Portanto, conforme a metodologia foram atribuídos índices 1 para unidades com taxas de recarga inferiores a 70mm/ano e índice 2 para unidades com taxa de recarga maiores que esse valor. **Conclusão:** A partir da análise do mapa de vulnerabilidade da área de estudo, é possível observar que as regiões de aquíferos fissurais tendem a ser mais vulneráveis a possíveis contaminações, devido a suas maiores taxas de recarga, que contribuem para uma assimilação mais rápida de águas contaminadas para o sistema aquífero.

Contaminação; Recarga; Vulnerabilidade;

DIAGNOSTICO HIDRICO INTEGRADO EM COMPANHIA ESTADUAL DE SANEAMENTO PARA PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS, SEGURANÇA SANITÁRIA E CONFORMIDADE REGULATÓRIA

SANTORO, Ana Carolina Pereira¹; MORAES, Sabrine Conceição²; SILVA, Danilo³;

(1) Water Services and Technologies - São José dos Campos - SP - Brasil; (2) Water Services and Technologies - Belo Horizonte - MG - Brasil; (3) Water Services and Technologies - Florianópolis - SC - Brasil;

Ana Carolina Pereira Santoro (ana.santoro@waterservicestech.com)

Introdução: Empresas de saneamento frequentemente operam extensos patrimônios de captação hídrica com informações dispersas em sistemas legados, planilhas e arquivos físicos, sem visibilidade consolidada sobre a situação individual de cada ponto. Essa fragmentação compromete a conformidade regulatória frente aos sistemas de outorga, dificulta decisões sobre reativação ou desativação de captações inativas, prejudica o controle de qualidade hídrica e fragiliza a segurança do abastecimento público. A implantação de sistemas integrados de gestão de dados constitui estratégia essencial para fortalecer a governança do patrimônio hídrico e apoiar o cumprimento das metas do Novo Marco do Saneamento Básico. **Objetivos:** Estruturar base de dados unificada de poços tubulares e captações superficiais de uma companhia estadual de saneamento, consolidando acervo histórico disperso e gerando diagnóstico individualizado das captações frente às exigências do sistema de outorga de uso de água, avisando a regularização, segurança hídrica e suporte à tomada de decisão. **Método:** O projeto foi executado em cinco etapas: i) levantamento e catalogação de 75.722 arquivos históricos em mais de 70 formatos, totalizando aproximadamente 175.615 páginas com dados estruturados, semiestruturados e não estruturados coexistindo sem padrão comum; ii) saneamento, padronização e validação dos dados com uso de scripts Python e macros, precedidos por extração automatizada de conteúdo via OCR; iii) importação e estruturação das informações no software Hydro GeoAnalyst (HGA), plataforma DBMS especializada em dados hidrogeológicos, organizada em 14 categorias temáticas com relacionamento entre tabelas via banco de dados relacional SQL; iv) geração de fichas individuais por captação mediante consultas SQL integradas a ferramenta Report Builder, consolidando automaticamente informações cadastrais, construtivas, operacionais, hidrogeológicas, de qualidade hídrica e de outorga; e v) elaboração de diagnósticos regionais para suporte ao planejamento de ações administrativas, OPEX e CAPEX. **Resultados:** Foram avaliados 911 poços em operação, 3.399 poços desativados e 254 captações superficiais associadas a 128 barragens e 5 açudes. Entre os poços em operação, verificou-se elevada desconformidade com os requisitos de outorga, com predominância de laudos de qualidade da água e testes de vazão vencidos. A inspeção das estruturas externas identificou poços com risco potencial de contaminação dos aquíferos. Entre os poços desativados, 25% apresentaram potencial de reativação, representando reserva hídrica subterrânea instalada não contabilizada. **Conclusão:** A integração de acervo histórico em plataforma de gestão de dados, aliada ao diagnóstico conclusivo individualizado, demonstrou ser abordagem eficaz para estabelecer panorama completo do patrimônio hídrico de companhia de saneamento de grande porte. Os resultados habilitam tomada de decisão assertiva sobre regularização de outorgas, reativação seletiva de captações inativas, gestão de segurança de barragens e planejamento de investimentos, contribuindo diretamente para a segurança hídrica, a conformidade regulatória e a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais. conformidade regulatória; diagnóstico hídrico; outorga de águas subterrâneas; segurança hídrica; segurança sanitária;

COMPARAÇÃO ENTRE METODOS PARA ESTIMATIVA DE PARAMETROS HIDRODINAMICOS NA APA CARSTE DE LAGOA SANTA, MINAS GERAIS – BRASIL

*GURITA, Rafaela Assunção¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio¹; NOVO, Tiago Amâncio¹; GALVÃO, Paulo Henrique¹; VERSIEUX, Henrique de Melo¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹;
(1) UFMG - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Rafaela Assunção Gurita (rafaelaassuncao Gurita@gmail.com)

Introdução: A Área de Proteção Ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa, localizada na porção centro-sul de Minas Gerais, abriga um dos mais importantes sistemas cársticos do Brasil. Os aquíferos carbonáticos associados ao Grupo Bambuí constituem importante fonte de abastecimento hídrico para a população local e para parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Entretanto, a elevada heterogeneidade e anisotropia características desses sistemas dificultam a determinação de parâmetros hidrodinâmicos representativos, sobretudo quando são empregados métodos originalmente desenvolvidos para aquíferos homogêneos e isotrópicos. **Objetivos:** Neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a aplicabilidade de métodos desenvolvidos especificamente para ambientes cársticos na estimativa dos parâmetros transmissividade (T) e coeficiente de armazenamento (S), com destaque para os métodos de Thraillkill (1988) e Bernard & Delay (2008). **Método:** Inicialmente, esses métodos foram comparados entre si, buscando identificar aqueles mais representativos para a caracterização hidrogeológica regional. Posteriormente, os métodos clássicos de Agarwal (1980) e Moench (1984), amplamente difundidos na literatura hidrogeológica, foram avaliados em relação aos métodos cársticos selecionados, visando identificar quais apresentavam maior compatibilidade conceitual e estatística. A partir dessas relações, foram propostas equações de conversão regional destinadas a ajustar os resultados produzidos pelos métodos clássicos para valores equivalentes aos obtidos pelos métodos específicos para o carste. Para isso, foram analisados dados provenientes de 51 testes de bombeamento realizados em aquíferos cárstico-fissurais, além de séries históricas de monitoramento de nível d'água obtidas em 12 instrumentos. **Resultados:** Os resultados indicaram distribuições não normais para todos os métodos avaliados, refletindo a elevada complexidade dos sistemas aquíferos cársticos. Para T, o método de Thraillkill (1988) apresentou maior representatividade hidrogeológica, enquanto Agarwal (1980) foi o método clássico que apresentou maior aderência aos seus resultados, com coeficiente de correlação de 0,98 e coeficiente de determinação próximo de 0,99. Para S, Bernard & Delay (2008) apresentou resultados mais uniformes e compatíveis com os intervalos tipicamente observados em aquíferos cársticos. Entretanto, em função da maior disponibilidade de dados e proximidade entre os valores, as análises comparativas foram conduzidas utilizando Thraillkill (1988) como referência. Novamente, Agarwal (1980) apresentou o melhor desempenho entre os métodos clássicos, alcançando R^2 de 0,98 após o ajuste dos dados. As análises espaciais evidenciaram que os maiores valores de T e S estão associados às unidades carbonáticas da Formação Sete Lagoas, às áreas com maior densidade de feições cársticas e aos principais corredores estruturais de fluxo subterrâneo. **Conclusão:** A pesquisa demonstrou que, embora os métodos desenvolvidos para aquíferos carbonáticos sejam os mais adequados para a estimativa dos parâmetros hidrodinâmicos da região, metodologias clássicas podem ser utilizadas de forma mais confiável quando previamente calibradas a partir de referências conceitualmente compatíveis com a dinâmica dos sistemas cársticos. APA Carste de Lagoa Santa; Bernard & Delay (2008); coeficiente de armazenamento; Thraillkill (1988); transmissividade;

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO BOI MORTO E VEREDA DO TABULEIRINHO EM SÃO FRANCISCO, MG.

QUINTÃO, Rafael Fernando Marinho¹; GONÇALVES, Ana Maria Nascimento¹; DE SOUSA, Gabriel Coelho Diniz¹; MONTEIRO, Letícia Pereira dos Santos¹; SOARES, Luiza Monteiro Espíndola²; MACEDO, Vitória Gomes¹; DE PAULA, Rodrigo Sérgio³;

(1) Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], departamento de Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil; (3) Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Rafael Fernando Marinho Quintão (rafafmquintao@gmail.com)

Introdução: A análise hidrogeoquímica caracteriza-se como uma ferramenta essencial para a compreensão de relações água-rocha, do ciclo hidrogeológico e processos geoquímicos associados. Este estudo tem enfoque na bacia hidrográfica do Riacho do Boi Morto e Vereda do Tabuleirino, situada na região Norte do estado de Minas Gerais. Nesta região, estão presentes as rochas pelíticas e carbonáticas do Grupo Bambuí, sobrepostas por coberturas cenozóicas. **Objetivos:** Este estudo tem como objetivo a realização de uma análise dos parâmetros hidroquímicos e físico-químicos da bacia hidrográfica, de modo que seja ampliada a compreensão das interações água rocha e compartimentação química das águas. **Método:** A princípio, foram consolidados dados de uma campanha de coleta realizada em fevereiro de 2025, onde amostras de água de 20 poços tubulares foram obtidas. Uma vez coletadas, as amostras foram submetidas a análises de parâmetros físico-químicos (condutividade, sólidos totais dissolvidos, ORP, PH) in situ e análises de concentração de elementos maiores (cátions e ânions) e menores, a partir da aplicação de técnicas de cromatografia iônica. Os resultados da análise química foram tratados no software Minitab, sendo inicialmente realizada uma análise multivariada de agrupamento por distância Euclidiana, com o objetivo de subdividir o conjunto de dados em grupos de maior similaridade estatística, para facilitar sua compreensão, dividindo-as em tipos de águas diferentes, visualizados em um dendrograma. Para reforçar e complementar essa descrição e visualização mais clara de dados, foram gerados Boxplots para cada unidade, através do mesmo programa citado anteriormente. Conforme a similaridade iônica das amostras, foram definidos marcadores que caracterizam os tipos de água identificados pelo dendrograma para cada unidade aquífera presente na área de estudos. **Resultados:** Como resultado da análise de agrupamento, foram identificados 3 tipos de água diferentes: águas mistas, águas associadas a calcários e águas associadas a pelitos. As principais características que diferenciam os três grupos inferidos foram definidas pelos seguintes marcadores químicos: Lítio (Li⁺), Cálcio (Ca²⁺), Sódio (Na⁺) Magnésio (Mg²⁺), Bicarbonato (HCO₃⁻) e PH. Amostras relacionadas aos pelitos possuem intervalos concentrações de lítio e sódio elevadas quando comparados aos dos demais grupos, as concentrações medianas desses elementos correspondem a 0,29 e 185 mg/L, resultados de 4 a 5 vezes maiores do que os demais grupos. Adicionalmente, o PH de amostras de pelito variam de 7,95 a 8,28, os maiores valores entre as amostras analisadas. Águas do grupo relacionado a rochas calcárias são definidas por altos valores de cálcio (123,3 mg/L) e magnésio (123,3 mg/L) e menores intervalos de PH entre as amostras analisadas, com intervalos entre 6,95 e 7,26. As principais características que definem as águas mistas são a baixa concentração de bicarbonatos (258,8 mg/L) e PH mediano, variando de 7,28 a 8,18. **Conclusão:** Os marcadores químicos demonstraram ser eficientes na classificação de tipos diferentes de água encontrados na área de estudo, servindo como validação para a análise de agrupamento. Adicionalmente, a assinatura química das águas reflete a composição de sua rocha fonte, comprovando o fato de que as unidades litológicas da área de estudo exercem influência sobre a composição química das águas.

Boxplots; Cromatografia Iônica; hidrogeoquímica;

COMPARAÇÃO ENTRE OS METODOS GOD E DRASTIC PARA ANALISE DE VULNERABILIDADE EM AGUAS SUBTERRANEAS NA BACIA DO RIO GRAVATAI - RS

PEREIRA, Emanuele MAIDANA¹; PERTILLE, JULIANA DA SILVA¹; DOS SANTOS, ANNELESE DE ALMEIDA VETROMILE LAPUENTE¹;

(1) UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS - Pelotas - RS - Brasil;

Emanuele MAIDANA PEREIRA (emanuelempereira06@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas desempenham papel fundamental no abastecimento público e nas atividades econômicas, tornando necessária a adoção de instrumentos que auxiliem na sua proteção. Nesse contexto, os métodos de avaliação da vulnerabilidade à contaminação constituem importantes ferramentas de apoio à gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Entre os métodos mais utilizados destacam-se o GOD e o DRASTIC, que diferem quanto aos parâmetros empregados e ao nível de detalhamento da análise. **Objetivo:** Comparar os métodos GOD e DRASTIC adaptado na avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. **Método:** O estudo foi desenvolvido utilizando dados hidrogeológicos, geológicos, pedológicos e topográficos processados em ambiente SIG. Para o método GOD foram considerados os parâmetros grau de confinamento do aquífero, características da zona não saturada e profundidade do nível estático. Para o DRASTIC adaptado foram utilizados os parâmetros de profundidade do nível estático (D), meio aquífero (A), solo (S) e topografia (T), ponderados pelos pesos 5, 3, 2 e 1, respectivamente. Os índices foram calculados e espacializados para análise comparativa da vulnerabilidade. **Resultados:** O método GOD apresentou valores entre 0,048 e 0,320, correspondendo às classes de vulnerabilidade insignificante, baixa e moderada, com predominância da classe baixa. O DRASTIC adaptado apresentou valores entre 63 e 102, abrangendo as classes baixa, moderada e alta, com predominância da classe alta. A comparação evidenciou diferenças na classificação da vulnerabilidade, sendo o DRASTIC mais sensível às variações ambientais locais devido à incorporação de um maior número de parâmetros relacionados às características físicas do meio. Em contrapartida, o GOD apresentou resultados mais conservadores e maior simplicidade de aplicação. **Conclusão:** Ambos os métodos mostraram-se adequados para a avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas. O GOD destaca-se pela simplicidade operacional e menor demanda de dados, enquanto o DRASTIC adaptado proporciona uma análise mais detalhada das condições ambientais. Os resultados demonstram que a escolha da metodologia influencia diretamente a classificação da vulnerabilidade e deve considerar os objetivos do estudo e a disponibilidade de informações. **águas subterrâneas; Método DRASTIC; Método GOD; Palavras-chave:** Vulnerabilidade de aquíferos; Rio Gravataí;

ALEM DO CONTROLE DE FLUXO: O PAPEL DA HIDROGEOLOGIA NA GESTAO DE ESTRUTURAS DE REJEITOS E ESTEREIS

BERTACHINI, DANIEL PEREZ¹; BERTACHINI, Antônio Carlos¹;

(1) MDGEO Hidrogeologia e Meio Ambiente - Belo Horizonte - MG - Brasil;

DANIEL PEREZ BERTACHINI (daniel@mdgeo.com.br)

Introdução: O aumento da complexidade das estruturas de disposição de rejeitos e estéreis, associado à evolução dos requisitos geotécnicos, ambientais e regulatórios da mineração, ampliou significativamente a demanda por estudos hidrogeológicos. Tradicionalmente voltada ao controle de fluxo subterrâneo, drenagem e rebaixamento, a hidrogeologia passou a contribuir de forma crescente para a compreensão dos mecanismos hidráulicos, geotécnicos e hidrogeoquímicos que condicionam o desempenho dessas estruturas ao longo de seu ciclo de vida. **Objetivos:** Discutir a evolução das aplicações da hidrogeologia em estruturas de disposição de rejeitos e estéreis, destacando sua contribuição para redução de incertezas associadas à estabilidade física, ao comportamento hidrogeoquímico e à avaliação de cenários futuros. **Método:** O trabalho baseia-se na análise integrada de experiências desenvolvidas ao longo de mais de três décadas em dezenas de estruturas de disposição de rejeitos e estéreis implantadas em diferentes contextos geológicos brasileiros. Foram avaliadas aplicações em barragens de rejeito, pilhas de estéril, pilhas de rejeito, estruturas em processo de descaracterização e projetos de disposição de rejeitos em cava. As abordagens empregadas incluíram modelos conceituais hidrogeológicos, ensaios hidráulicos, monitoramento piezométrico, hidrogeoquímica, isotopia ambiental, modelagem numérica de fluxo subterrâneo e transporte de massa, além de aplicações práticas voltadas à resolução de desafios operacionais em estruturas já construídas. **Resultados:** Os estudos demonstram que a caracterização hidrogeológica convencional, baseada exclusivamente na avaliação dos fluxos subterrâneos, mostrou-se insuficiente em diversos contextos de maior complexidade. Em estruturas de rejeitos e estéreis, a integração entre monitoramento, hidrogeoquímica e isotopia permitiu identificar origens de água, conectividades hidráulicas e mecanismos de fluxo não reconhecidos pelos métodos tradicionais, resultando em revisões significativas dos modelos conceituais. Em pilhas e barragens, os estudos contribuíram para o dimensionamento e avaliação do desempenho de sistemas de drenagem interna, compreensão da interação entre fundações, aquíferos e maciços e suporte à definição de medidas corretivas. Em estruturas em processo de descaracterização, modelos numéricos subsidiaram a avaliação de alternativas de intervenção, incluindo soluções não convencionais de drenagem e despressurização. Em projetos de disposição de rejeitos em cava e fechamento de minas, a integração entre modelagem de fluxo e transporte de massa permitiu avaliar cenários de recuperação dos níveis d'água, migração de constituintes dissolvidos e evolução hidrogeoquímica de longo prazo. Os resultados indicam que a redução das incertezas esteve frequentemente associada à evolução dos modelos conceituais hidrogeológicos e à integração de múltiplas linhas de evidência. **Conclusão:** A experiência analisada demonstra que a hidrogeologia evoluiu de disciplina voltada predominantemente ao controle hidráulico para ferramenta integrada de suporte à gestão de estruturas de rejeitos e estéreis. A incorporação de hidrogeoquímica, isotopia e modelagem preditiva ampliou significativamente a capacidade de compreender, prever e gerenciar o comportamento físico e químico dessas estruturas, contribuindo para a redução de riscos geotécnicos e ambientais e para a tomada de decisão ao longo de todo o seu ciclo de vida.

estruturas de rejeitos; hidrogeologia; hidrogeoquímica; hidrogeotecnia; modelagem numérica;

A FLORESTA FILTRA O NITROGENIO OU O AQUIFERO ATENUA? UMA SOLUÇÃO BASEADA NA NATUREZA DE FITORREMEDIAÇÃO IN SITU NA RECARGA MANEJADA EM BAURU (SP).

OLIVEIRA, Vinicius Rogel Paulino de¹; BERTOLO, Reginaldo Antonio¹; IKEMATSU, Priscila²; ANDRADE, Leonardo Capeleto de³; HIRATA, Ricardo César Aoki¹;

(1) Centro de Pesquisas em Águas Subterrâneas (CEPAS) - São Paulo - SP - Brasil; (2) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil; (3) Massachusetts Institute of Technology - United States;

Vinicius Rogel Paulino de Oliveira (viniciusrogel@usp.br)

Bauru (SP) depende em 75% de águas subterrâneas (Guarani e Bauru) e enfrenta rodízios recorrentes nos 25% proveniente da captação superficial do Rio Batalha, e menos de 3% do esgoto é tratado. A pressão sobre os aquíferos somada à escassez superficial e a poluição impõe a necessidade de estratégias adaptativas. Florestas urbanas oferecem potencial de Soluções baseadas na Natureza (SbN) por meio de recarga manejada e biodegradação de nutrientes, mas a literatura sobre fitorremediação em ambiente subtropical (in situ) ainda é escassa. O objetivo deste estudo visa avaliar a recarga, por Flutuação do Nível Freático (WTF), e identificar os fluxos e processos de transformação do nitrogênio (N) por ferramentas químicas e isotópicas, no sistema floresta-solo-água, em um experimento piloto no Horto Florestal de Bauru (SP). Três estações de monitoramento da zona não saturada (ZNS) MS1, MS2 e MS3, respectivamente com 6, 4, e 2 m de profundidade foram equipadas com sensores de potencial matricial entre 0,40-5,40 m (mar/2024-jan/2026). A montante das MS1, MS2 e MS3, três parcelas de 100 m² foram irrigadas durante um ano (10 mm dia⁻¹ - out/2024-out/2025), com água enriquecidas com nitrogênio sintético, até 40 mg L⁻¹ de N total, para imitar uma poluição urbana extrema ($\approx 1,5 \text{ ton N ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$). Foram realizadas cinco campanhas em 18 poços, a série nitrogenada, carbono orgânico dissolvido, CH₄, $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ e $\delta^{18}\text{O-NO}_3^-$ foram amostradas trimestralmente após o início da irrigação. O registro da flutuação do nível d'água (mar/2024-fev/2026) foi realizado por transdutores em 5 poços, 2 em parcelas controles e 3 em parcelas irrigadas. Solo, tecido foliar (*Actinostemon* sp.) e circunferência das árvores (n=100) foram analisados por parâmetros químicos nas parcelas irrigadas e controle. Aplicaram-se análise estatística em todo conjunto de dados e WTF. A irrigação gerou frentes de umedecimento até 6,0 m. A irrigação (2,8x a precipitação local) permitiu a lixiviação ao longo da ZNS até o aquífero. A recarga nas áreas irrigadas passou de 306 para 366 mm ano⁻¹ (+16,4%) entre os períodos sem e com irrigação. A análise sazonal mostrou diferença mediana de +0,06 m (MS1-MS2) e +0,01 m (MS3) nas áreas irrigadas ($p \leq 0,05$), contra -0,41 m no poço-controle ($p < 0,001$). Não houve acúmulo de N no solo ou no tecido foliar e alteração no crescimento das árvores, sem diferença estatística ($p \leq 0,05$), entre tratamento controle e irrigado, indicando que o N aplicado não foi retido pelo sistema solo-planta e migrou para o aquífero. Porém, no aquífero freático, condições redutoras (Eh negativo e OD $\approx 1,5 \text{ mg L}^{-1}$) e assinatura isotópica enriquecida ($\delta^{15}\text{N} > 15 \text{ ‰}$, $\delta^{18}\text{O}:\delta^{15}\text{N} = 0,7$, $r = 0,51$) indicam desnitrificação, consistente com baixas concentrações de NO_3^- ($< 2,8 \text{ mg L}^{-1}$) no aquífero. O sistema floresta-solo não atenuou a carga de N, a transformação e mobilidade do N nas árvores e no solo, torna difícil o rastreio. No entanto, as frentes de umedecimento na ZNS e a geração de recarga, viabiliza a denitrificação do nitrato no aquífero. A irrigação aumentou a recarga local, apesar da precipitação ligeiramente mais seca (6.8% abaixo da média). Assim, a resiliência da SbN no contexto estudado emergiu do aquífero e não do sistema floresta-solo. Florestas urbanas associadas à recarga manejada podem reforçar simultaneamente quantidade e qualidade da água subterrânea estratégica frente à pressão climática e ao estresse hídrico urbano. FAPESP n°: 2020/15434-0; 2022/02220-7; e 2025/00954-1

Isótopos; recarga gerenciada de aquíferos; Remoção de nitrogênio; Serviços Ecossistêmicos;

DESAFIOS PARA ESTIMATIVA DO FLUXO DE MASSA POR VOLATILIZAÇÃO A PARTIR DE DADOS DE VAPORES

MIRANDA, Andre Gomes¹; DAMACENO, Flávia²; COSTANZO, Caetano²; DIAS, Beatriz²; LINHARES, Matheus²; NAKAYAMA, Cristina Rossi²; BARCELLOS, Diego²; DE FREITAS, Juliana Gardenalli de Freitas²;

(1) Unifesp - Diadema - SP - Brasil; (2) Unifesp - SP - SP - Brasil;

Andre Gomes Miranda (andre.miranda@unifesp.br)

Introdução: A contaminação de solos e águas subterrâneas por hidrocarbonetos de petróleo é um importante passivo ambiental associado a atividades industriais e ao armazenamento e transporte de combustíveis. Esses compostos podem ocorrer nas fases gasosa, dissolvida, líquida não aquosa (NAPL) e adsorvida no solo (EPA, 2004; Stockwell, 2015). BTEX apresentam elevada volatilidade e tendência à fase gasosa, enquanto o TPH possui comportamento variável conforme suas frações, com maior volatilização nas frações leves. Ambos podem migrar da zona vadosa para o aquífero raso (FREEZE; CHERRY, 1979; FETTER, 2001). O monitoramento de gases na zona vadosa permite identificar a presença e o comportamento dos contaminantes, além de avaliar riscos de inalação (ASTM, 2006; MORAES; TEIXEIRA; MAXIMIANO, 2014). Nesse contexto, a avaliação de vapores em subsuperfície é fundamental para compreender processos de transporte, atenuação e suporte ao gerenciamento de áreas contaminadas. Este estudo integra um projeto voltado à aplicação de Soluções Baseadas na Natureza (NbS) na remediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos. **Objetivo:** Apresentar os resultados da caracterização da contaminação da área, visando uma interpretação integrada dos vapores associados aos processos de contaminação. **Metodologia:** A área de estudo corresponde a um caso de derivação clandestina com vazamento de nafta em faixa de dutos, sobre aquífero livre com nível d'água médio de ~1 m. A área foi subdividida em duas células experimentais: Célula 1, com maior concentração de contaminantes, e Célula 2, com menores concentrações, ambas associadas a fragmentos florestais. Foram realizadas nove sondagens para coleta de solo, descrições texturais e análises de BTEX e TPH fracionado. O monitoramento de vapores utilizou amostradores passivos instalados a 30 cm de profundidade (outubro/2025) e poços de vapores construídos entre 20 e 30 cm de profundidade (março/2026), permitindo avaliar a distribuição de compostos voláteis na zona vadosa. **Resultados e Discussão:** As células apresentaram diferenças no perfil do solo e nível d'água. A Célula 1 é mais heterogênea, com camadas franco-argilosas, enquanto a Célula 2 é predominantemente arenosa, com nível d'água mais raso (0,3–0,5 m). Maiores concentrações de BTEX e TPH foram observadas na Célula 1, com picos de 2700 µg/kg e 16,5 mg/kg entre 0,5 e 1,0 m, associados à zona de flutuação do nível d'água. Em contraste, as maiores concentrações de vapores ocorreram na Célula 2. Poços de vapores registraram elevadas concentrações de hidrocarbonetos leves (C5–C9), enquanto amostradores passivos detectaram compostos apenas nessa célula. Na Célula 1, os valores ficaram abaixo do limite de detecção. Os resultados indicam que maior permeabilidade do solo arenoso e a proximidade do nível d'água na Célula 2 favoreceram o transporte e a captura de vapores, enquanto camadas argilosas na Célula 1 restringiram sua migração. **Conclusão:** Observa-se maior expressão de volatilização na Célula 2, possivelmente associada à maior permeabilidade e à migração de vapores a partir da Célula 1. Contudo, estimativas de remoção de massa por volatilização devem ser interpretadas com cautela devido à influência da heterogeneidade do meio. A integração de diferentes metodologias mostrou-se essencial para compreender os processos de transporte e atenuação, contribuindo para uma avaliação mais abrangente das interações entre solo, água subterrânea e atmosfera em áreas contaminadas.

BTEX; TPH; Vapores; Zona Vadosa;

TRANSFORMANDO DADOS EM CONHECIMENTO: O PAPEL DOS MODELOS CONCEITUAIS HIDROGEOLOGICOS NA REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM MINERAÇÃO

*BERTACHINI, DANIEL PEREZ¹; BERTAACHINI, Antônio Carlos¹;
(1) MDGEO Hidrogeologia e Meio Ambiente - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

DANIEL PEREZ BERTACHINI (daniel@mdgeo.com.br)

Introdução: Nas últimas décadas, os estudos hidrogeológicos aplicados à mineração incorporaram novas ferramentas de investigação, monitoramento e modelagem. Embora a maior disponibilidade de dados tenha ampliado a caracterização dos sistemas aquíferos, a redução efetiva das incertezas depende da integração crítica dessas informações em modelos conceituais hidrogeológicos consistentes e representativos dos processos dominantes. **Objetivos:** Discutir o papel dos modelos conceituais hidrogeológicos na redução de incertezas e na tomada de decisão em empreendimentos minerários, destacando a importância da integração de múltiplas linhas de evidência na compreensão de sistemas complexos. **Método:** O trabalho baseia-se na análise de experiências desenvolvidas ao longo de mais de três décadas em projetos de mineração de ferro, ouro, fosfato, nióbio, níquel, alumínio e outros minerais, abrangendo rebaixamento, segurança hídrica, barragens, pilhas de estéril e rejeitos, descaracterização, fechamento e disposição de rejeitos em cava. Foram empregadas técnicas como monitoramento hidrogeológico, ensaios hidráulicos, geologia estrutural, geofísica, hidrogeoquímica, isotopia, traçadores e modelagem numérica de fluxo subterrâneo e transporte de massa. **Resultados:** As experiências analisadas demonstram que modelos conceituais hidrogeológicos não devem ser tratados como produtos padronizados, mas como estruturas de interpretação voltadas a responder perguntas específicas de cada empreendimento e de acordo com o ambiente geológico. Em grandes cavas de minério de ferro, fosfato, ouro e outros bens minerais, foram fundamentais para compreender a compartimentação hidráulica dos aquíferos, a interação entre unidades geológicas de diferentes permeabilidades, os mecanismos de recarga e descarga, a conexão com drenagens superficiais e a definição de estratégias de rebaixamento e despressurização. Em depósitos carbonatíticos e complexos alcalinos, frequentemente associados a fosfato, nióbio, terras raras e outros minerais críticos, destacaram-se questões relacionadas à conectividade hidráulica, circulação profunda, hidrogeoquímica, traçadores e interação entre aquíferos, fontes termais e sistemas hidrotermais. Em depósitos com maior complexidade geoquímica, os modelos conceituais precisaram incorporar fluxo subterrâneo, evolução da qualidade das águas, geração e migração de solutos, interação com estruturas de disposição de rejeitos e cenários de operação e fechamento. Além das operações de lavra, empreendimentos os modelos hidrogeológicos devem ser aplicados em barragens, pilhas e estruturas geotécnicas, integrando entendimento da hidrodinâmica das fundações, maciços, aquíferos, sistemas de drenagem e monitoramento, subsidiando avaliações de estabilidade, desempenho hidráulico, intervenções corretivas e gestão de riscos. As maiores reduções de incerteza ocorreram quando diferentes linhas de evidência foram integradas para revisar e refinar o entendimento do sistema hidrogeológico. **Conclusão:** A experiência analisada demonstra que a principal evolução da hidrogeologia aplicada à mineração não está associada apenas ao avanço das ferramentas de aquisição e processamento de dados, mas à capacidade de integrar múltiplas linhas de evidência na construção de modelos conceituais robustos. Nesse contexto, o papel do hidrogeólogo permanece central na transformação de dados em conhecimento e na redução de incertezas que suportam a tomada de decisão técnica.

hidrogeoquímica; Integração de Dados; mineração; modelagem numérica; modelo conceitual hidrogeológico;

RESILIENCIA HIDROGEOLOGICA NO ABASTECIMENTO: INTERAÇÃO SUPERFICIAL-SUBTERRANEA NA BACIA DO PARANA 3, MEDIANEIRA - PR

MOURA HORONZI, ADIRLENE APARECIDA¹; DE OLIVEIRA, ANA LAURA²; ABBADO NERES, marcela³; SILVA, Nardel Luiz Soares da⁴; STEINMETZ, LIGIA ANGELICA RADIS⁵; BARBOSA FILHO, EVANDRO ALVES⁶; HORONZI, VANDERLEI FRANCISCO⁷; HORONZI, RICARDO MARCELO⁸; BORGES, ROGER⁹; (1) UNIOESTE - MARECHAL CANDIDO RONDON - Medianeira - PR - Brasil; (2) UNIOESTE - MARECHAL CANDIDO RONDON - FOZ DO IGUAÇU - PR - Brasil; (3) UNIOESTE - MARECHAL CANDIDO RONDON - Marechal Candido Rondon - PR - Brasil; (4) UNIOESTE - MARECHAL CANDIDO RONDON - MARECHAL CANDIDO RONDON - PR - Brasil; (5) UNIOESTE - MARECHAL CANDIDO RONDON - MEDIANEIRA - PR - Brasil; (6) UNIOESTE - MARECHAL CANDIDO RONDON - FRANCISCO BELTRAO - PR - Brasil; (7) UTFPR- MEDIANEIRA - MEDIANEIRA - PR - Brasil; (8) UTFPR- CURITIBA - MEDIANEIRA - PR - Brasil; (9) UTFPR- CURITIBA - CURITIBA - PR - Brasil;

ADIRLENE APARECIDA MOURA HORONZI (adirleneamhoronzi@gmail.com)

Introdução: O abastecimento público de água em áreas urbanas está cada vez mais vulnerável aos efeitos do aumento da população, urbanização, poluição e de eventos climáticos extremos. Na Bacia Hidrográfica do Paraná 3, a pressão sobre os mananciais superficiais é intensificada pelo uso do solo agrícola e pela expansão urbana, o que compromete a capacidade de autodepuração dos cursos d'água. Nesse contexto, há uma importância fundamental de uma integração entre águas superficiais e subterrâneas como estratégia para a segurança hídrica regional. **Objetivos:** Analisar a resiliência do sistema de abastecimento público de Medianeira/PR, avaliando a interação entre manancial superficial (Rio Alegria e Rio Ouro Verde) e águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral (formada por 4 poços artesianos profundos, com mais de 200 metros de profundidade), contribuindo na qualidade da água distribuída à população e na segurança do sistema entre o período de crise hídrica de 2020–2021 e a ampliação estrutural em 2026. **Método:** Trata-se de um estudo de caso descritivo e analítico baseado em dados obtidos nos sites do Instituto Água e Terra (IAT), relatórios técnicos oficiais e informações da Sanepar. Foram analisados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água (turbidez, cor, cloro residual, coliformes totais, *Escherichia coli* e subprodutos da desinfecção), conforme a Portaria de Potabilidade vigente. Também foram considerados dados de operação do sistema de abastecimento entre 2020 e 2026. **Resultados:** Os dados de 2023 indicam que o sistema híbrido cumpriu integralmente os padrões de potabilidade vigentes. A operação combinou a captação superficial do Rio Alegria (145 L/s) com o aporte contínuo de quatro poços artesianos (25 L/s), cuja vazão subterrânea minimizou a oscilação da água bruta. As concentrações de flúor mantiveram-se entre 0,78 e 1,17 mg/L, e o cloro residual livre variou de 0,75 a 0,80 mg/L. A turbidez (0,29 a 0,56 uT) e a cor aparente (média de 2,50 uH) situaram-se bem abaixo dos limites legais. Adicionalmente, houve ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100% das amostras, e os ácidos haloacéticos totais não superaram os limites estabelecidos, validando a eficiência do tratamento conjunto. **Conclusão:** O estudo evidencia que a adoção de um sistema híbrido de abastecimento, combinando águas superficiais e subterrâneas, aumenta significativamente a resiliência hídrica de Medianeira. A dependência exclusiva de mananciais superficiais mostrou-se insuficiente diante de eventos extremos e da degradação ambiental, enquanto as águas subterrâneas funcionam como elemento de amortecimento do sistema. Conclui-se que estratégias integradas de gestão hídrica são fundamentais para garantir a segurança do abastecimento público e reduzir riscos sanitários.

; Abastecimento Público; resiliência hídrica; segurança hídrica; Sistema híbrido;

Cemitérios como fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas no Brasil

*KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha¹; PREIGSCHADT FILHO, Alfredo Reinaldo¹;
(1) Universidade Federal de Santa Maria - UFSM - Santa Maria - RS - Brasil;*

Pedro Daniel da Cunha Kemerich (pedro.kemerich@ufsm.br)

Introdução: Cemitérios podem representar fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas quando implantados ou operados sem avaliação hidrogeológica adequada, sobretudo em áreas com aquíferos livres, solos permeáveis, recarga elevada e poços no entorno. A decomposição da necromassa gera necrochorume, efluente com matéria orgânica, compostos nitrogenados, sais, microrganismos, elementos potencialmente tóxicos e contaminantes emergentes. Em meios vulneráveis, esses compostos podem atravessar a zona não saturada e atingir a zona saturada, formando plumas hidroquímicas. A avaliação deve considerar o sistema fonte–trajeto–receptor, integrando solo, nível d'água, fluxo subterrâneo e receptores. **Objetivo:** Sistematizar evidências hidrogeológicas obtidas em estudos sobre cemitérios e águas subterrâneas, com ênfase na geração e transporte de contaminantes, indicadores ambientais e estratégias de monitoramento. **Método:** Foi realizada análise técnico-científica de estudos sobre cemitérios, contaminação do solo e qualidade das águas subterrâneas, considerando campo, laboratório e geoprocessamento. A interpretação foi organizada em quatro eixos: fonte contaminante, meio físico, indicadores hidroquímicos e monitoramento. Foram considerados profundidade do lençol freático, permeabilidade do solo, zona não saturada, drenagem, declividade, proximidade de poços e cursos d'água, variáveis físico-químicas, microbiológicas, nutrientes, metais e contaminantes emergentes. A lógica fonte–trajeto–receptor foi usada para diferenciar vulnerabilidade natural, perigo, exposição e risco hidroambiental. **Resultados:** Os estudos indicam que o impacto potencial dos cemitérios depende da combinação entre intensidade da fonte, vulnerabilidade do aquífero e receptores. Solos arenosos, lençol freático raso, zona não saturada pouco espessa, alta recarga e fluxo em direção a poços ou drenagens aumentam a suscetibilidade à migração de contaminantes. Solos argilosos, zona vadosa espessa e menor permeabilidade favorecem retenção e atenuação. Os principais indicadores incluem condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, nitrogênio amoniacal, nitrato, cloreto, fósforo, matéria orgânica, microrganismos indicadores e elementos potencialmente tóxicos. A presença da necrópole não comprova contaminação, sendo indispensável o monitoramento por poços adequadamente construídos, definição do fluxo e comparação entre montante e jusante. A integração entre hidrogeologia, laboratório, SIG e vulnerabilidade permite hierarquizar áreas críticas e propor redes de monitoramento. **Conclusão:** Cemitérios devem ser avaliados como fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas, especialmente em aquíferos livres, áreas urbanas ou zonas com uso de poços. A síntese evidencia que o diagnóstico deve ir além da análise pontual da água, incorporando modelo conceitual, vulnerabilidade, direção de fluxo, exposição de receptores e histórico operacional. Redes de monitoramento associadas a análises hidroquímicas, microbiológicas e geoespaciais são essenciais para prevenir impactos e proteger aquíferos. Os resultados reforçam a necessidade de critérios técnicos para implantação, operação e encerramento de cemitérios.

Cadaverina; Cemitérios; Contaminantes emergentes; Poluição urbana; Putrescina;

VIGILANCIA DA QUALIDADE DA AGUA SUBTERRANEA PARA CONSUMO HUMANO: APAGAO ANALITICO LABORATORIAL E O RISCO CRITICO POR CONTAMINACAO POR SOLVENTES INDUSTRIAIS NA REGIAO DO GRANDE ABC PANORAMA 2025

SILVA, VALERIA OLIVEIRA¹; MURARO, SÔNIA OLIVEIRA BARBOSA¹;

(1) SES/CCD/CVS - GRUPO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA VII - SANTO ANDRÉ - Santo André, São Paulo - SP - Brasil;

VALERIA OLIVEIRA SILVA (valeriaolivesi@gmail.com)

Introdução: O Grande ABC destaca-se por sua importância socioeconômica e alta vulnerabilidade ambiental. O pioneirismo regional metalúrgico, automobilístico e petroquímico deixou um legado de passivos ambientais e contaminação do solo por compostos de alta persistência e toxicidade, como metais pesados, hidrocarbonetos e solventes halogenados. A lixiviação dessas substâncias no solo provoca a degradação silenciosa e contínua das águas subterrâneas. A exposição humana a esses contaminantes, mesmo em baixas concentrações a longo prazo, está associada a graves efeitos à saúde, incluindo bioacumulação, disfunções renais, danos ao sistema nervoso central e potencial carcinogênico e mutagênico. Embora os Sistemas de Abastecimento dominem o fornecimento urbano, as Soluções Alternativas Coletivas (SAC), desempenham papel complementar indispensável em indústrias, serviço de saúde, condomínios e comércios. Todavia, a dispersão dessas fontes impõe um desafio de fiscalização para o programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo. A aplicação da "cascata de gestão" surge como ferramenta analítica para avaliar a eficiência do monitoramento do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), rastreando a perda de capacidade de controle desde a inserção dos laudos até a identificação de riscos sanitários na ponta do consumo. **Objetivos:** Apresentar a cascata de gestão da qualidade química da água de poços tubulares (SAC) no Grande ABC em 2025, mensurando o volume de conformidade, os pontos cegos analíticos e os parâmetros críticos de contaminação subterrânea dos dados registradas no SISAGUA, do Ministério da Saúde. **Método:** Estudo transversal descritivo utilizando dados semestrais de análises de substâncias químicas (agrotóxicos, orgânicos e inorgânicos) do Ponto de Captação das SACs. Construiu-se a cascata em dois níveis: macro (total de laudos) e micro (comportamento dos poços por semestre). Os desfechos foram categorizados em: Conforme (Baixo Risco), Análise Prejudicada (Risco Desconhecido — Limite de Quantificação laboratorial inadequado) e Não Conforme (Risco Crítico — violação dos Valores Máximos Permitidos). A qualidade dos testes utilizados também foi avaliada. **Resultados:** A cascata macro revelou capacidade analítica de 43,2%, com 12.438 testes Conformes (36,0%) e 1.194 Não Conformes (3,5%). O maior gargalo deveu-se a 19.611 Análises Prejudicadas (56,8%), configurando um "apagão analítico" por baixa sensibilidade laboratorial na captação. No nível micro, identificou-se variação na amostragem: 258 poços coletaram no primeiro semestre e 247 no segundo, sendo que 76,9% (n=207) tiveram ao menos um laudo prejudicado e 34,9% (n=94) registraram Risco Crítico. As não conformidades na captação foram lideradas por solventes industriais voláteis: Xilenos (n=119), Tolueno (n=114), Diclorometano (n=111), Tricloroeteno (n=110) e Benzeno (n=96). São Bernardo do Campo concentrou a maior carga de contaminação (n=898 análises reprovadas), seguido por Santo André (n=151) e Mauá (n=74). **Conclusão:** A cascata de gestão demonstrou que o controle sanitário sobre as águas subterrâneas do Grande ABC em 2025 sofreu perda de eficiência: por barreiras de sensibilidade laboratorial e por contaminação química crônica. Recomenda-se a padronização dos limites de quantificação laboratoriais e a priorização de auditorias fiscais nos municípios com polos industriais, assegurando a confiabilidade dos dados e a proteção à saúde coletiva. **Abastecimento de Água; Monitoramento da Água; Qualidade da água; Sistemas de Informação em Saúde;**

COMO A MICROTOMOGRAFIA DE RAIOS X TEM CONTRIBUIDO PARA A COMPREENSAO DA ESTRUTURA E PROCESSOS EM AQUIFEROS?

*FREITAS, Livia Almeida¹; PINO, Daphne Silva¹; HIRATA, Ricardo¹;
(1) USP - São Paulo - SP - Brasil;*

Livia Almeida Freitas (livia.almeidafr@usp.br)

A compreensão dos processos hidrogeológicos depende, tradicionalmente, da integração entre observações de campo e propriedades do meio aquífero. Entretanto, diversos fenômenos que controlam o fluxo de fluidos e as transformações hidrogeoquímicas ocorrem em escalas significativamente menores e são fortemente influenciados pela heterogeneidade do meio poroso. Nesse contexto, a microtomografia computadorizada de raios X (μ CT) tem se mostrado promissora para investigar, de forma não destrutiva e com alta resolução espacial, a estrutura interna de materiais geológicos e sua relação com processos hidrogeológicos. A μ CT baseia-se na aquisição de múltiplas projeções radiográficas em diferentes ângulos, que são reconstruídas computacionalmente para gerar modelos tridimensionais das amostras. O desenvolvimento de sistemas baseados em luz síncrotron ampliou o potencial dessa técnica, sobretudo pela alta resolução espacial, maior contraste e possibilidade de realizar experimentos dinâmicos (4D). Nestes, sucessivas aquisições tridimensionais permitem acompanhar mudanças temporais na amostra, p.e. durante ensaios de injeção e escoamento. Esta abordagem possibilita visualizar diretamente fenômenos como deslocamento de fluidos, transporte de contaminantes e remediação ambiental, incluindo o monitoramento da mobilidade e distribuição de nanopartículas reativas em meios porosos. Foi realizada uma busca estruturada da literatura utilizando os termos "microtomography" associados a "hydrogeology", "aquifer" e "groundwater". A busca resultou em 814 publicações, das quais 93 estudos de caso foram selecionados após as etapas de triagem e refinamento. A revisão evidenciou diversas aplicações da μ CT em hidrogeologia, com destaque para estudos de dinâmica de fluxo multifásico e transporte de contaminantes (32 trabalhos), seguidos pela caracterização estrutural e petrofísica de meios porosos (28), investigações da hidrologia de solos e da zona vadosa (21) e estudos de transporte reativo e processos geoquímicos (12). Os materiais mais investigados foram solos e areias (32%), seguidos por rochas carbonáticas (29%), arenitos (18%) e meios sintéticos (16%). Os tomógrafos de bancada correspondem a cerca de 60% dos equipamentos utilizados, os quais são mais comuns em laboratórios. Já os baseados em radiação síncrotron (31%) são mais recorrentes nos experimentos 4D, em razão de sua elevada resolução temporal. O avanço tecnológico evidenciou ainda uma mudança de enfoque nos trabalhos publicados: enquanto os estudos iniciais (1990-2015) concentravam-se na caracterização da rede de poros e de parâmetros físicos, como porosidade, os estudos publicados a partir de 2015 passaram a demonstrar crescente interesse pela quantificação de parâmetros hidráulicos, por testes dinâmicos e nanoremediação. A análise da literatura dos últimos 30 anos indica que a μ CT deixou de ser apenas uma ferramenta de caracterização estrutural para se tornar uma abordagem integrada à investigação de processos hidrogeológicos em escala de poros. Sua capacidade de relacionar a geometria do meio poroso com o fluxo, o transporte, as reações químicas e processos de remediação contribui para reduzir a lacuna entre observações microscópicas e o comportamento de aquíferos em escala macroscópica. Assim, a técnica consolida-se como uma importante ferramenta para estudos experimentais em hidrogeologia e apresenta perspectivas para sua integração com modelagem numérica, hidrogeoquímica e inteligência artificial. escala de poros; hidrogeologia; meios porosos; microtomografia de raios X; revisão crítica;

AQUÍFEROS FRATURADOS: INSIGHTS PARA A LOCAÇÃO DE POÇOS

FERNANDES, Amélia João¹; OLIVEIRA, Thaiz Lima²; CHRISTOFOLLETTI, Caio³; FIUME, Bruna⁴; MENEZES, Saulo Gobo⁵;

(1) CEPAS-USP - São Paulo - SP - Brasil; (2) Instituto de Pesquisas Tecnológicas - São Paulo - SP - Brasil; (3) Prefeitura de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil; (4) Serviço Geológico do Brasil - Belo Horizonte - MG - Brasil; (5) CJC Engenharia e Projetos - São Paulo - SP - Brasil;

Amélia João Fernandes (amelia.jfernandes@gmail.com)

Introdução: Devido ao papel que os aquíferos representam para a segurança hídrica, é cada vez mais necessário aprofundar os conhecimentos sobre esses grandes reservatórios subterrâneos. Dentre eles, os aquíferos fraturados constituem porções extensas do nordeste brasileiro, e dos estados das regiões sudeste e sul, sendo cada vez mais explorados. **Objetivos:** Em vista desse cenário e dos desafios para a locação de poços produtivos em meios fraturados, pretende-se reunir aqui resultados e conclusões de teses e dissertações que podem lançar subsídios técnicos para aumentar a chance de sucesso na perfuração de poços nesse contexto. **Método:** Todos os estudos incluíram o levantamento sistemático de fraturas ao longo de scanlines em pedreiras, a maioria sendo constituída de granitos e algumas de gnaisses e rochas metamórficas de baixo grau. Em alguns casos foram acrescentados levantamentos utilizando drone e caminhamentos de eletrorresistividade. **Resultados e Conclusão:** Os resultados dos levantamentos, em um total de 11 pedreiras, são descritas em Fiume (2013), Fernandes et al. (2016), Chistofolletti (2020), Menezes (2022) e Oliveira (2026). Elas estão distribuídas ao redor ou na Região Metropolitana de São Paulo, nos municípios de São Paulo (bairro de Parelheiros e Zona Norte), Embu das Artes, Itapeverica da Serra, Santana do Parnaíba, Guarulhos, Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim. Os levantamentos sistemáticos mostraram que as atitudes das famílias de fraturas, as suas densidades e as fraturas mais transmissivas variam de um local para outro. Assim, esses estudos são fontes de consulta importantes que podem auxiliar na locação de poços nos municípios mencionados, recomendando-se realizar interpretação de lineamentos em conjunto com os dados das pedreiras, ou seja, procurando local os poços em lineamentos que tem a mesma direção das fraturas mais transmissivas. O traçado de lineamentos deve seguir alguns critérios, como os aplicados por Oliveira (2026), em que foi utilizado um modelo digital de elevação do terreno, construído a partir de curvas de nível de mapas 1:25.000, sobreposto por mapas topográficos, com transparência, na escala 1:10.000; a utilização de escalas de detalhe é imprescindível. O método de lineamentos carrega consigo algumas incertezas, por isso, caso existam recursos financeiros suficientes, é importante realizar caminhamentos geofísicos de eletrorresistividade. **Palavras-chave:** aquíferos fraturados, locação de poços, fraturas, pedreiras. Christofolletti, C. (2020) Avaliação do potencial dos aquíferos cristalinos da Região Metropolitana de São Paulo com base em métodos de escala regional e de detalhe. (Tese de Doutorado, IGc- USP) Fernandes, AJ, Fiume, B, Bertolo, R., Hirata, R. (2016) Modelo geométrico de fraturas e análise da tectônica rúptil aplicados ao estudo do fluxo do aquífero cristalino, São Paulo (SP). Geologia USP. Série Científica. Fiume, B. (2013) Geologia estrutural de detalhe para elaboração de modelo conceitual de circulação de água subterrânea: estudo de caso em Jurubatuba, SP (Dissertação de Mestrado, IGc- USP) Menezes, S. G. (2022) Modelo conceitual de aquífero fraturado com base em parâmetros hidráulicos, arranjo espacial e conectividade de fraturas (Dissertação de Mestrado, São Paulo, IGc- USP) Oliveira, T.L. (2026) Redes de fraturas e caminhos preferenciais de fluxo em aquíferos fraturados voltados à produção de poços na região sudeste da bacia hidrográfica do Alto Tietê (BAT) (Dissertação de Mestrado, IGc- USP)

aquíferos fraturados; fraturas; locação de poços; pedreiras;

DIAGNOSTICO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS COLETIVAS NO GRANDE ABC: BAIXA CONFORMIDADE E FALHAS DE COMANDO E CONTROLE EM TERRITORIO DE ALTO PASSIVO INDUSTRIAL – AVALIAÇÃO HISTORICA, NO ANO BASE DE 2025

SILVA, VALERIA OLIVEIRA¹; MURARO, SÔNIA OLIVEIRA BARBOSA²;

(1) SES/CCD/CVS - GRUPO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA VII - SANTO ANDRÉ - Santo André, São Paulo - SP - Brasil; (2) SES/CCD/CVS - GRUPO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA VII - SANTO ANDRÉ - Santo André - SP - Brasil;

VALERIA OLIVEIRA SILVA (valeriaolivesi@gmail.com)

Introdução: A Grande São Paulo enfrenta desafios na vigilância dos recursos hídricos devido à urbanização e atividade industrial. O Grande ABC destaca-se por sua importância socioeconômica e vulnerabilidade ambiental. Composto por sete municípios, abriga 2,7 milhões de habitantes, mesclando adensamentos urbanos a áreas de proteção de mananciais. Embora os Sistemas de Abastecimento dominem o fornecimento, as Soluções Alternativas Coletivas (SAC), como poços profundos, desempenham papel complementar indispensável em indústrias, condomínios e comércios. Todavia, a dispersão dessas fontes impõe um desafio de fiscalização. Assim, o programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano atua como principal instrumento protetivo, dependendo da continuidade dos dados do SISAGUA para identificar tendências de degradação e garantir a potabilidade. **Objetivos:** Avaliar o histórico de gestão, a situação cadastral documental e a conformidade técnica do monitoramento longitudinal decenal das Soluções Alternativas Coletivas (SAC) de água subterrânea nos municípios do Grande ABC, registradas no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), do Ministério da Saúde, no ano-base de 2025. **Método:** Estudo retrospectivo utilizando dados do SISAGUA, de SACs elegíveis (status Atualizado ou Não Atualizado) em 2025. A situação documental foi avaliada pelo status da Licença Sanitária (corte em 31/01/2026), segundo registros do Sistema de Informação em Vigilância Sanitária (SIVISA) do Governo do Estado de São Paulo. A eficiência técnica do monitoramento histórico (2015-2025) foi calculada pelo cumprimento de metas anuais (cadastro e coletas), estratificada em: Plena Conformidade (100%), Conformidade Parcial (50-99%), Lacuna Operacional (1-49%) e Inatividade (0%). **Resultados:** As 241 SACs encontram-se em São Bernardo do Campo (40,2%) e Santo André (20,7%), seguidos por Diadema (14,9%), São Caetano (10,8%), Mauá (9,1%), Rio Grande da Serra (2,9%) e Ribeirão Pires (1,2%). No componente documental, entre as SACs cadastradas e com status atualizado no ano de 2025 (85,9%), constatou-se severa fragilidade administrativa: apenas 11,6% (n=24) das instituições mantinham licença válida; 57,9% (n=120) operavam com o documento vencido e 30,5% (n=63) careciam de dados. Sob a ótica da conformidade técnica histórica, a regularidade estrita (Plena Conformidade) atingiu írisórios 2,1% (n=5). O perfil predominante foi o de Conformidade Parcial (52,7%, n=127), demonstrando que a maioria envia laudos, mas comete quebras de continuidade. Adicionalmente, 35,3% (n=85) enquadraram-se em Lacuna Operacional e 10,0% (n=24) em Inatividade. Esse contingente sem dados regulares configura "pontos cegos" em território com histórico de contaminação química, elevando o risco sanitário oculto e a vulnerabilidade populacional. **Conclusão:** O panorama de 2025 aponta para a necessidade de superação dos gargalos fiscalizatórios no Grande ABC. A elevada prevalência de licenças vencidas e lacunas operacionais crônicas sinaliza uma vigilância intermitente. Recomenda-se um plano de ação regional integrado que vincule a renovação de licenças econômicas ao cumprimento do cronograma do SISAGUA, criando barreiras efetivas de proteção e garantindo a segurança hídrica frente ao passivo industrial do território.

Abastecimento de Água; Qualidade da água; Sistemas de Informação em Saúde; vigilância em saúde ambiental;

PROCESSOS ELETROLITICOS APLICADOS NA REMOÇÃO DE FARMACOS ANTIBIOTICOS EM MEIO AQUOSO: MAPEAMENTO SISTEMATICO DA LITERATURA

MOURA HORONZI, ADIRLENE APARECIDA¹; HORONZI, RICARDO MARCELO²; HORONZI, VANDERLEI FRANCISCO³; BORGES, ROGER⁴; NERES, MARCELA ABBADO⁵; BARBOSA FILHO, EVANDRO ALVES⁶; RADIS STEINMTZ, LIGIA ANGELICA⁷; DE OLIVEIRA, ANA LAURA⁷; SOARES DA SILVA, NARDEL LUIZ⁵; (1) UNIOESTE MARECHAL CANDIDO RONDON - MEDIANEIRA - PR - Brasil; (2) UTFPR CURITIBA - MEDIANEIRA - PR - Brasil; (3) UTFPR MEDIANEIRA - MEDIANEIRA - PR - Brasil; (4) UTFPR CURITIBA - CURITIBA - PR - Brasil; (5) UNIOESTE MARECHAL CANDIDO RONDON - MARECHAL CANDIDO RONDON - PR - Brasil; (6) UNIOESTE MARECHALCANDIDO RONDON - FRANCISCO BELTRAO - PR - Brasil; (7) UNIOESTE MARECHAL CANDIDO RONDON - FOZ DO IGUAÇU - PR - Brasil;

ADIRLENE APARECIDA MOURA HORONZI (adirleneamhoronzi@gmail.com)

Introdução: A presença dos resíduos como antibióticos na água virou um problema sério de saúde pública e equilíbrio ambiental, principalmente pelo risco de criar superbactérias resistentes. Como as estações de tratamento convencionais não conseguem eliminar essas moléculas complexas, os processos eletrolíticos ganham força como uma alternativa viável e eficiente, já que destroem os poluentes diretamente no reator. Para entender o rumo que as pesquisas da área estão tomando, este trabalho faz um levantamento detalhado das estratégias atuais e das variáveis que mais influenciam o sucesso do tratamento. **Objetivos:** Responder como os processos eletrolíticos vêm sendo aplicados para remover antibióticos da água. A ideia é mapear o cenário científico atual, apontar quais caminhos funcionam melhor, identificar as falhas que ainda precisam ser corrigidas e sugerir novos focos para os próximos estudos. **Método:** O trabalho consistiu em uma pesquisa bibliográfica nas bases PubMed e Google Scholar, usando a combinação de termos "removal of antibiotics using electrochemical processes". O filtro incluiu apenas artigos científicos originais publicados entre 2014 e 2024. Após uma triagem cuidadosa lendo títulos e resumos, os textos selecionados foram analisados por completo. Ao final, vinte artigos foram escolhidos, catalogados de A01 a A20 e organizados em uma planilha para comparar o tipo de antibiótico, o material do eletrodo, o eletrólito, o pH e a porcentagem de remoção alcançada em cada teste. **Resultados:** A busca inicial trouxe 186 resultados no PubMed e 5.665 no Google Scholar, que após os filtros foram refinados para 15 e 5 artigos, respectivamente, fechando o grupo de 20 estudos. O interesse pelo tema cresceu muito entre 2019 e 2022. A eletrocoagulação e a oxidação eletroquímica foram os métodos mais repetidos, tendo as quinolonas (especialmente a ciprofloxacina) como o alvo principal. A maioria dos experimentos usou sulfato de sódio como eletrólito e trabalhou com pH entre 5 e 8. Quanto aos eletrodos, a variedade foi de metais comuns, como ferro e alumínio, até opções avançadas com nanomateriais e metais nobres. Quase todas as configurações limpavam entre 70% e 100% do contaminante. **Conclusão:** Fica claro que os processos eletrolíticos funcionam muito bem e são uma saída real para tratar poluentes complexos. As principais dificuldades encontradas na literatura são a falta de um padrão nos testes e a carência de experimentos feitos fora do laboratório, usando água de esgoto real em volumes maiores. O futuro da área depende agora do desenvolvimento de eletrodos mais baratos e da união de diferentes técnicas para que esse tratamento possa sair das universidades e chegar às indústrias.

; Poluentes emergentes; Processos eletrolíticos; Remoção de antibióticos; Tratamento de efluentes;

BANDAS DE DEFORMAÇÃO NO GRABEN DE SÃO SAITE-MACURURÉ/BA: IMPLICAÇÕES PARA PRODUTIVIDADE E RECARGA NO RESERVATÓRIO SUBTERRÂNEO

*CARDOSO, Amilton de Castro Cardoso Castro¹; CARDOSO, Ricardo Rocha de Castro²;
(1) SGB - Salvador - BA - Brasil; (2) UFBA-IGEO - Salvador - BA - Brasil;*

Amilton de Castro Cardoso Castro Cardoso (amilton.cardoso@sgb.gov.br)

A hidrogeologia aplicada busca compreender os processos que controlam a ocorrência, circulação e armazenamento das águas subterrâneas. Em regiões semiáridas, os aquíferos constituem importantes reservas hídricas para abastecimento humano, tornando fundamental a avaliação dos fatores geológicos que controlam sua produtividade e recarga. Entre esses fatores, estruturas tectônicas como falhas, fraturas e bandas de deformação podem atuar como condutos ou barreiras hidráulicas, influenciando o fluxo subterrâneo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência das bandas de deformação na produtividade e recarga de aquíferos sedimentares no Gráben de São Satité–Macururé (BA), visando à captação de água subterrânea para abastecimento da população local por meio da Rede Estratégica de Poços (IREP). A metodologia baseou-se na integração de mapas geológicos, dados geofísicos, informações hidrogeológicas do banco SIAGAS/SGB e trabalhos de campo para definição das locações de perfuração. O poço estudado foi perfurado em 2013, atingindo 409 m de profundidade e interceptando sedimentos da Formação Marizal e do Grupo Massacará (Fm. São Sebastião). O perfil litológico é composto predominantemente por arenitos médios a grossos, localmente conglomeráticos, quartzosos e friáveis, características favoráveis ao armazenamento de água subterrânea. Os parâmetros hidrodinâmicos indicaram nível estático de 108,92 m, vazão de estabilização de 43,06 m³/h e vazão específica de 2,029 m³/h.m, evidenciando elevada produtividade inicial. Entretanto, durante a operação contínua observou-se redução da capacidade específica, exigindo o rebaixamento da bomba para manutenção da produção. A análise estrutural revelou que o poço está inserido em uma zona de grabens e horsts com ocorrência de bandas de deformação simples e anastomosadas, formando zonas cataclásticas que dificultam a recarga e o fluxo subterrâneo. Em contraste, um poço localizado fora da influência dessas estruturas não apresentou redução significativa de produtividade. Os resultados demonstram que as bandas de deformação exercem importante controle hidrogeológico, atuando como barreiras hidráulicas e influenciando diretamente a produtividade dos poços. Conclui-se que a caracterização dessas estruturas é fundamental para a locação de captações em bordas de bacias sedimentares, contribuindo para o aumento da eficiência dos sistemas de abastecimento e para a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos. Bandas de deformação; hidrogeologia; Produtividade de aquíferos;

RE-SAL: Transformando um Passivo Hídrico em Ativo Estratégico para o Semiárido Baiano

MAIA, CAIO Mueller¹; JUNIOR, Jaime Roedel¹;

(1) CERB - Salvador - BA - Brasil;

CAIO Mueller Maia (kaio_2m@yahoo.com.br)

O semiárido baiano apresenta extensas áreas com ocorrência de águas subterrâneas salinizadas, constituindo importante limitação para o abastecimento humano e para a implantação de sistemas de abastecimento rural. Tradicionalmente, essas águas são tratadas como passivos ambientais devido à elevada concentração de sais dissolvidos e à geração de rejeitos provenientes dos processos de dessalinização. Entretanto, experiências internacionais demonstram que águas hipersalinas e salmouras podem representar recursos estratégicos para o desenvolvimento de soluções associadas à economia circular, ao reaproveitamento de recursos e à adaptação às mudanças climáticas. O presente trabalho apresenta os resultados conceituais do Projeto RE-SAL (Reciclagem Seletiva de Excedentes em Águas Hipersalinas), desenvolvido a partir do banco hidrogeológico da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB), visando discutir alternativas para transformar águas subterrâneas salinizadas de passivo ambiental em ativo estratégico para o semiárido. Foram avaliados dados hidroquímicos de 14.922 poços tubulares distribuídos nos diferentes domínios hidrogeológicos da Bahia. A análise permitiu identificar elevada ocorrência de águas com concentrações significativas de sais dissolvidos, especialmente nas regiões inseridas no embasamento cristalino do semiárido. Os resultados evidenciam que parcela expressiva dos poços apresenta restrições para utilização direta no abastecimento humano, demandando soluções complementares de gestão e tratamento. Além dos desafios relacionados à potabilidade, observou-se que a ampla distribuição espacial dessas ocorrências cria oportunidades para o desenvolvimento de estratégias voltadas ao uso múltiplo da água, reaproveitamento de rejeitos da dessalinização, valorização de recursos minerais presentes em salmouras e fortalecimento da segurança hídrica regional. A abordagem proposta amplia a visão tradicional sobre águas salinizadas, incorporando conceitos de sustentabilidade, inovação e gestão integrada dos recursos hídricos. Conclui-se que as águas subterrâneas salinizadas da Bahia representam não apenas uma limitação hidrogeológica, mas também uma oportunidade para o desenvolvimento de soluções inovadoras voltadas à convivência com o semiárido. O RE-SAL propõe uma mudança de paradigma ao considerar esses recursos como elementos estratégicos para políticas públicas de segurança hídrica, sustentabilidade e desenvolvimento regional. Águas subterrâneas salinizadas; Dessalinização; Economia Circular; segurança hídrica;

PADROES HIDROQUIMICOS DE AGUAS SUBTERRANEAS DE ABASTECIMENTO PUBLICO EM SISTEMAS AQUIFEROS DO MATO GROSSO DO SUL

BLANCO, Luana Ferreira¹; GUIRRA, Alesson Pires Maciel²; GOMES, Ariel Ortiz¹; COSTA, Leonardo Sampaio²;

(1) Programa ProfÁgua - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) - Campo Grande - MS - Brasil; (2) Gerência de Recursos Hídricos - Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) - Campo Grande - MS - Brasil;

Luana Ferreira Blanco (luana_blanco10@hotmail.com)

Introdução: A hidrogeoquímica de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público pode refletir diferenças litológicas, tempo de residência, processos de interação água-rocha e influências locais sobre os sistemas aquíferos. No Mato Grosso do Sul, a comparação entre sistemas aquíferos é relevante para reconhecer padrões de qualidade da água e subsidiar estratégias de monitoramento. **Objetivos:** Avaliar padrões hidrogeoquímicos de águas subterrâneas utilizadas para abastecimento público em Mato Grosso do Sul, verificando diferenças entre sistemas aquíferos e identificando os principais parâmetros responsáveis pela variabilidade química das amostras. **Método:** Foram utilizados dados físico-químicos de amostras de poços de abastecimento público, organizados conforme o sistema aquífero informado na base. Foram selecionados parâmetros representativos da mineralização, sistema bicarbonatado/carbonático, íons maiores, metais e possível influência antrópica, incluindo sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica, pH, alcalinidade total, bicarbonato, cloreto, dureza total, nitrato, sulfato, ferro, manganês, sódio, cálcio estimado, magnésio, fluoreto e alumínio. Resultados abaixo do limite de quantificação foram utilizados conforme base previamente tratada pelo critério LD/2. Aplicaram-se estatísticas descritivas por sistema aquífero, análise gráfica por boxplots e Análise de Componentes Principais (PCA), com rotação Varimax. A adequação da matriz foi avaliada pelo teste de esfericidade de Bartlett e pela medida KMO. **Resultados:** A estatística descritiva indicou diferenciação hidrogeoquímica entre os sistemas avaliados, sobretudo nos parâmetros associados à mineralização e ao sistema bicarbonatado/carbonático. SAPC e SAPCC apresentaram os maiores valores médios de sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica, alcalinidade total, bicarbonato, dureza total, cálcio estimado e magnésio, indicando águas mais mineralizadas. O SAPCC apresentou médias de 367 mg/L para sólidos dissolvidos totais, 628 µS/cm para condutividade elétrica, 367 mg/L para alcalinidade total, 447 mg/L para bicarbonato e 336 mg/L para dureza total. Em contraste, o SAB apresentou menores valores médios desses parâmetros, com 65,2 mg/L de sólidos dissolvidos totais, 63,0 µS/cm de condutividade elétrica, 27,5 mg/L de alcalinidade total e 19,7 mg/L de dureza total. A PCA apresentou KMO global de 0,812 e teste de Bartlett significativo ($p < 0,001$), indicando adequação da matriz. Foram extraídos três componentes principais, responsáveis por 72,0% da variância total. O primeiro componente explicou 42,6% da variância e foi associado à mineralização e ao sistema bicarbonatado/carbonático; o segundo explicou 18,0% e esteve relacionado a ferro, sódio, manganês, fluoreto e sulfato; e o terceiro explicou 11,3%, associado principalmente a nitrato e cloreto. **Conclusão:** Os resultados indicam que os sistemas aquíferos avaliados apresentam padrões hidrogeoquímicos distintos, com maior diferenciação associada ao grau de mineralização e à influência bicarbonatada/carbonática. A aplicação de estatística descritiva e PCA mostrou-se adequada para reconhecer eixos de variabilidade hidroquímica em águas subterrâneas de abastecimento público, contribuindo para a interpretação dos controles naturais e locais sobre a qualidade da água.

análise multivariada; interação água-rocha; qualidade hídrica;

POTENCIAL DO RESERVATORIO SANTA HELENA E DO AQUIFERO SAO SEBASTIAO PARA A SEGURANÇA HIDRICA DA REGIAO METROPOLITANA DE SALVADOR

DANTAS, Uiara Liborio¹; BONFIM, Rita Cássia Sarmiento¹; RODRIGUES, Antonio Jorge¹; VIARO, Vivien Luciane¹;

(1) Universidade Federal da Bahia - Salvador - BA - Brasil;

Uiara Liborio Dantas (uiaraliboriodantas@gmail.com)

Introdução: A Região Metropolitana de Salvador (RMS) apresenta elevada dependência do reservatório de Pedra do Cavalo, responsável por cerca de 60% da água destinada ao abastecimento regional. A concentração de parcela expressiva da oferta em um único manancial reduz a flexibilidade operacional do Sistema Integrado de Abastecimento de Salvador (SIAA) diante de estiagens, falhas de infraestrutura, alterações na qualidade da água e conflitos de uso. Nesse contexto, a ampliação da operação do Reservatório Santa Helena e o aproveitamento complementar do Aquífero São Sebastião constituem alternativas para diversificar as fontes e reforçar a segurança hídrica metropolitana. **Objetivos:** Avaliar o potencial do Reservatório Santa Helena e do Aquífero São Sebastião para ampliar a segurança hídrica da RMS, diversificar as fontes e reduzir a concentração da oferta em um único manancial. **Método:** Desenvolveu-se pesquisa exploratória e documental, baseada em planos de abastecimento, estudos operacionais e relatórios hidrogeológicos. Foram analisados três cenários: operação de Santa Helena na cota mínima de projeto de 10 m; aproveitamento complementar do Aquífero São Sebastião, com prioridade para áreas de maior favorabilidade hidrogeológica; e alternativas de médio e longo prazo, como redução de perdas, gestão da demanda, novas captações e dessalinização. **Resultados:** A operação de Santa Helena na cota de 10 m elevaria a disponibilidade para abastecimento de 2,05 m³/s para 4,61 m³/s, com incremento de 2,55 m³/s. Essa vazão reduziria em cerca de 73% o déficit projetado para 2033 (3,47 m³/s) e em 78% o previsto para 2048 (3,26 m³/s). O Aquífero São Sebastião apresentou produção estimada de 0,94 m³/s pelos 19 poços implantados durante a estiagem de 2017–2018, enquanto o planejamento regional indica potencial de adição de até 2,01 m³/s por novas captações. Na hipótese de plena implantação das duas alternativas, o sistema poderia receber até 4,56 m³/s adicionais, condicionados às obras de integração, à definição de vazões sustentáveis de bombeamento e ao monitoramento hidrogeológico. **Conclusão:** Santa Helena constitui o principal eixo de reforço da oferta superficial, e o Aquífero São Sebastião atua como fonte complementar estratégica. A integração dessas alternativas, associada à redução de perdas, à gestão da demanda e ao planejamento antecipado, pode ampliar a resiliência do abastecimento metropolitano.

Abastecimento de Água; Aquífero São Sebastião; Região Metropolitana de Salvador; Reservatório Santa Helena; segurança hídrica;

ESTUDO DA CRISE MUNDIAL DA ÁGUA POTÁVEL E SUAS DESCOBERTAS – PARTE II: HIDROGEOQUÍMICA E ENRIQUECIMENTO NATURAL DE VANÁDIO NO AQUIFERO GUARANI

*HORONZI, ADIRLENE APARECIDA MOURA¹; OLIVEIRA, ANA LAURA DE OLIVEIRA LAURA DE²;
HORONZI, RICARDO MARCELO³; HORONZI, VANDERLEI FRANCISCO⁴; STEINMTZ, LIGIA ANGELICA
RADIS⁵; NERES, MARCELA ABBADO⁶; BARBOSA FILHO, EVANDRO ALVES⁷; BORGES, ROGER⁸; SILVA,
NARDEL LUIZ SOARES DA⁹;*

*(1) UNIOESTE MARECHAL CANDIDO RONDON - Medianeira - PR - Brasil; (2) UNIOESTE MARECHAL
CANDIDO RONDON - FOZ DO IGUAÇU - PR - Brasil; (3) UTFPR - CURITIBA - Medianeira - PR - Brasil;
(4) UTFPR - MEDIANEIRA - Medianeira - PR - Brasil; (5) UNIOESTE-MARECHAL CANDIDO RONDON -
FOZ DO IGUAÇU - PR - Brasil; (6) UNIOESTE -MARECHAL CANDIDO RONDON - MARECHAL CANDIDO
RONDON - PR - Brasil; (7) UNIOESTE - MARECHAL CANDIDO RONDON - FRANCISCO BELTRÃO - PR -
Brasil; (8) UNIOESTE -C CURITIBA - CURITIBA - PR - Brasil; (9) UNIOESTE - MARECHAL CANDIDO
RONDON - MARECHAL CANDIDO RONDON - PR - Brasil;*

ADIRLENE APARECIDA MOURA HORONZI (adirleneamhoronzi@gmail.com)

Introdução: A identificação de mananciais subterrâneos de elevada qualidade tornou-se uma prioridade na atualidade, devido a escassez hídrica e conscientização pública que resulta na poluição crescente e nos períodos de estiagem que afetam rios e fontes superficiais. No oeste do Paraná, no distrito de Novo Sobradinho, em Toledo, a abertura de poços profundos que hoje abastecem a marca de água mineral Sferrie revelou uma descoberta da assinatura hidroquímica singular no Sistema Aquífero Guarani. A água apresentou alcalinidade acentuada, com pH próximo a 10, além de uma concentração rara do oligomineral vanádio, medida em 0,34 mg/L. Enquanto os aquíferos rasos sofrem com agrotóxicos e efluentes domésticos, esse reservatório profundo opera como um sistema químico isolado e protegido. Compreender os mecanismos geoquímicos que favorecem os minerais na água contribui para o refinamento dos mapas geológicos e valorização de fontes hidrotermais especiais. **Objetivos** Investigar os processos no subsolo e os mecanismos de interação rocha-água responsáveis por gerar o teor elevado de vanádio e a alcalinidade natural na região de Toledo (PR), avaliando os impactos do pH elevado e a variação temporal desses parâmetros. **Método:** O trabalho foi realizado cruzando o perfil litoestratigráfico da bacia sedimentar do Paraná com laudos químicos e análises técnicas da área utilizando como objeto de estudo as amostras da água Sferrie. Avaliou-se o comportamento hidrogeológico da água em poços de 230 metros de profundidade, para acessar o aquífero deve atravessar os basaltos da Formação Serra Geral e nos arenitos da Formação Botucatu. Investigou-se o processo de dissolução das rochas a partir do contato prolongado da água com os minerais subterrâneos. **Resultados:** A presença de vanádio na água ocorre devido ao contato prolongado com minerais como piroxênios (compostos por silício, oxigênio e alumínio combinados com metais como cálcio, magnésio, ferro ou sódio) e ilmenitas (compostas por ferro, titânio e oxigênio), originários das rochas vulcânicas sobrejacentes. Como o fluxo hídrico desce lentamente em forma de confinamento e alta pressão, acontece a hidrólise desses minerais. Essa reação consome a acidez e eleva o pH naturalmente. A alcalinidade é o fator essencial que estabiliza o vanádio dissolvido, impedindo sua precipitação mineral garantindo estabilidade temporal, confirmando que o reservatório profundo permanece isolado. No organismo humano, o pH 10 atua na neutralização da acidez gástrica e do refluxo. A ingestão desse fluido auxilia o metabolismo poupar reservas ósseas de cálcio, magnésio e contra a oxidação celular. Embora agências internacionais europeias monitorem esse elemento com forte rigor regulatório, a ocorrência em Toledo configura uma raridade geológica segura e de elevado valor biológico. A espessa cobertura de basalto ajuda manter a pureza da composição mineral e qualidade da água. **Conclusão:** A presença vanádica e o pH 10 em Novo Sobradinho refletem processos químicos e profundos no Sistema Aquífero Guarani. A preservação dessa riqueza hídrica depende da extração e proteção das zonas de recarga do solo. Esses dados expandem o conhecimento sobre o potencial do aquífero. Poços com essa configuração representam alternativas viáveis e seguras para o abastecimento público futuro, entregando uma água nobre, com propriedades gástricas e metabólicas benéficas, capaz de resistir aos períodos de crise hídrica. Água mineral natural; Alcalinidade; Aquífero Guarani; Vanádio;

INVESTIGAÇÃO MULTICRITÉRIO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS DO OESTE DA BAHIA UTILIZANDO HIDROGEOQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTÁVEIS

RAMOS, Caroline Assunção¹; LEAL, Luiz Rogério Bastos²; DANTAS, Uiara Liborio²;

(1) Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia - Salvador - BA - Brasil; (2) Universidade Federal da Bahia - Salvador - BA - Brasil;

Caroline Assunção Ramos (carolassuncao@outlook.com)

Introdução: O oeste da Bahia destaca-se como uma das principais fronteiras agrícolas do Brasil e abriga: o Sistema Aquífero Urucuia (SAU), o Sistema Aquífero Cárstico-Fissural Bambuí e o Embasamento Cristalino. As captações de alta vazão para agricultura irrigada intensificam a pressão sobre os recursos hídricos, tornando essencial compreender os processos de circulação das águas. O SAU é constituído por arenitos flúvio-eólicos neocretáceos, que recobrem, em grande parte de sua extensão, as rochas pelito-carbonáticas do Grupo Bambuí. **Objetivo:** Avaliar as características hidrogeoquímicas e isotópicas das águas subterrâneas e superficiais em diferentes contextos hidrogeológicos. **Métodos:** Em julho de 2024, foram coletadas 45 amostras de poços que captam água do Sistema Aquífero Urucuia, do Sistema Aquífero Bambuí, misto (Urucuia + Bambuí) e do Embasamento Cristalino. Foram analisados parâmetros físico-químicos e íons principais, além de isótopos estáveis ($\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$). Empregou-se métodos estatísticos multivariados, como análise de componentes principais e de agrupamento, matriz de correlação de Pearson, diagramas hidroquímicos e isotópicos. **Resultados:** As águas do Sistema Aquífero Urucuia apresentaram baixa mineralização (CE média = 0,113 mS/cm), predominância de fácies bicarbonatadas cálcicas a sódicas e composição química e isotópica semelhante à das águas superficiais. O Sistema Aquífero Bambuí apresentou águas bicarbonatadas cálcicas e magnesianas, mais mineralizadas (CE média = 0,635 mS/cm), evidenciando a dissolução de carbonatos. As captações mistas apresentaram composição intermediária (CE média = 0,436 mS/cm) e elevada variabilidade, enquanto o Embasamento Cristalino apresentou maior heterogeneidade hidrogeoquímica (CE média = 0,329 mS/cm). A forte correlação entre Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- e condutividade elétrica indicou que a interação água-rocha constitui o principal processo controlador da mineralização, enquanto o nitrato apresentou comportamento independente, sugerindo influência antrópica localizada. A análise de agrupamento hierárquico (HCA) distinguiu três clusters hidrogeoquímicos: (i) águas superficiais e do Sistema Aquífero Urucuia, evidenciando elevada similaridade composicional; (ii) águas do Sistema Aquífero Bambuí, associadas à maior mineralização; e (iii) águas do Embasamento Cristalino e das captações mistas, caracterizadas por maior heterogeneidade hidrogeoquímica. **Conclusão:** A semelhança hidrogeoquímica e isotópica entre as águas do Sistema Aquífero Urucuia e dos rios ratifica a importância do aquífero na manutenção da vazão de base dos cursos d'água. Em contraste, a maior mineralização observada no Sistema Aquífero Bambuí reflete o controle exercido pela dissolução de carbonatos. A integração entre hidrogeoquímica, isótopos estáveis e análises estatísticas mostrou-se eficaz na identificação dos processos que controlam a qualidade da água, fornecendo subsídios para a gestão integrada dos recursos hídricos da região.

Estatística Multivariada; gestão de recursos hídricos; Sistema Aquífero Urucuia;

CARACTERIZAÇÃO DO AQUIFERO BARREIRAS-MARITUBA: ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA; HIDRODINÂMICA HISTÓRICA; MONITORAMENTO DE POTENCIOMETRIA EM TEMPO REAL; RECARGA; HIDROQUÍMICA E ISOTOPIA

GARDENAL, Heitor¹; TAKIYA, Willem¹; AMBROSIO, Pedro²; RIBEIRO, Antonio Sávio³; SIMONATO, Mateus⁴; FERREIRA, Filipe⁵; SILVA, Jose⁶; MURAKAMI, Cintia⁵; HIRATA, Ricardo⁷; ALVES, Fernando⁶; AZEVEDO, Talita⁸; LIMA, Paulo⁶;

(1) Braskem - Maceió - AL - Brasil; (2) RJQ Consultoria - Maceió - AL - Brasil; (3) Braskem - São Paulo - SP - Brasil; (4) Tritium - São Paulo - SP - Brasil; (5) Arcadis - São Paulo - SP - Brasil; (6) Tetra Tech - São Paulo - SP - Brasil; (7) USP - São Paulo - SP - Brasil; (8) Arcadis - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Heitor Gardenal (hgardena@gmail.com)

Introdução: Serão apresentados dados obtidos na área de estudo e arredores (Maceió-AL) ao longo de mais de 10 anos de monitoramento e investigação, valiosos para melhor entendimento do Modelo Conceitual Regional. Balizado na extensão da Formação Barreiras, o Sistema Aquífero Barreiras-Marituba (SABM) possui extensão maior que 100.000 Km² ao longo da costa brasileira, recarga imediata e alto potencial para exploração. Serão explicitados dados de litologia, perfisagens geofísicas, análises hidroquímicas, isótopos de O e H, vazão e pressão em tempo real. **Objetivos:** Esse trabalho tem como objetivo: (i) caracterização hidrogeológica, através das variações estratigráficas e anisotropias de permeabilidade; (ii) análise hidrodinâmica histórica; (iii) análise das mudanças de uso do terreno e paralisação dos poços de exploração para recarga; (iv) caracterização hidroquímica e isotópica. **Métodos:** Os métodos utilizados para a caracterização geológica foram análises de fácies em testemunhos e perfilagem geofísica de poço. A caracterização hidroquímica e isotópica de O e H foi realizada através de amostras obtidas em poços de monitoramento. Já a hidrodinâmica foi analisada com base em: dados históricos da bibliografia e dados da área de estudo (telemetria de exploração, testes de bombeamento e pressão em tempo real). **Resultados:** O Aquífero Barreiras é constituído por sedimentos clásticos continentais não litificados, predominantemente areias amarelas a avermelhadas. O Aquífero Marituba também é formado por sedimentos clásticos, mas com coloração acinzentada e maior grau de litificação, que aumenta com a profundidade. No perfil GR (Gamma Ray), o SABM possui média de 53°API e porosidade maior que 25% (perfil RHOB e NPHI). A anisotropia de permeabilidade nesse aquífero é local, por lentes de argila pouco contínuas lateralmente (menores que 100 m), fato que permite drenagem e caracteriza o SABM majoritariamente como livre. Destaca-se uma extensa ocorrência argilosa lateralmente contínua (maior que 1800 m), na base SABM (cota de aproximadamente -120 a -80 m), mergulhando para norte (1.2°), identificada por anomalia maior que 100°API no GR. A hidrodinâmica do SABM possui predominantemente transporte vertical descendente, e horizontal em direção a Oeste (gradiente aproximado de 8 a 15 m/Km). A condutividade hidráulica do SABM é da ordem de 10⁻⁵ cm/s. Desde a década de 70, o SABM chegou a ser explorado com vazão aproximada de 5200 m³/h, por poços particulares, mas principalmente pela companhia de saneamento, para o abastecimento da cidade de Maceió. Atualmente, grande parte do bombeamento desses poços foi descontinuado e um processo de recuperação de nível dos aquíferos é observado na região. Na área de estudo, um processo de diminuição da impermeabilização maximizou a recuperação de nível. Com base em dados monitorados, observou-se a recuperação de até 3 m no NA. Hidroquimicamente, a água do SABM foi caracterizada como cloretada sódica, devido à influência costeira. A análise isotópica de O e H apresentou evidência de recarga em todos os níveis do SABM. **Conclusão:** Dessa forma, com base nos dados obtidos foi possível evidenciar o alto potencial de exploração do SABM. Conclui-se que o SABM está sob recuperação de nível na área, principalmente devido: (i) ao aumento da taxa de infiltração proveniente da remoção das camadas impermeabilizadas em superfície e do trabalho de revegetação da área; e (ii) à diminuição da exploração dos poços de bombeamento do entorno.

Aquífero Barreiras; Aquífero Marituba; hidrogeológica; Isótopos; Perfilagem geofísica;

TOMOGRAFIA GEOELETRICA (ERT) APLICADA AO ESTUDO DE SAZONALIDADE HIDROGEOLOGICA

DEHAINI, Jamile¹; DA SILVA, Márcio Luiz²; DE BRITO, Alderlene Pimentel²; COSTA, Josué Silva³; FERREIRA, Sávio José Filgueiras²; DA CONCEIÇÃO, Adriana Castro²;

(1) Universidade do Estado do Amazonas - Manaus - AM - Brasil; (2) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Manaus - AM - Brasil; (3) Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade - Manaus - AM - Brasil;

Jamile Dehaini (jdehaini@uea.edu.br)

Introdução: As mudanças climáticas têm intensificado alterações no ciclo hidrológico, aumentando a necessidade de monitoramento dos processos hidrogeológicos. Apesar de sua relevância, os impactos das mudanças climáticas sobre os sistemas aquíferos ainda são pouco compreendidos. Isso se deve, em grande parte, à complexidade das interações entre variáveis climáticas e processos subterrâneos, cujo tempo de residência da água pode variar de dias a milhares de anos, dificultando a avaliação de respostas a essas mudanças. Adicionalmente, os estudos têm sido historicamente concentrados em águas superficiais, em função de sua maior visibilidade, acessibilidade e resposta mais imediata a eventos extremos. A investigação de processos em subsuperfície é frequentemente limitada pela baixa densidade de observações espaciais, principalmente na Amazônia, condição que pode ser parcialmente superada por meio da aplicação de métodos geofísicos. Dentre esses, os métodos geoeletricos, especialmente a eletrorresistividade, destacam-se como ferramentas eficientes para investigações geológicas, hidrogeológicas e ambientais, permitindo a obtenção de informações indiretas com ampla cobertura espacial e menor custo em comparação aos métodos diretos, como perfuração e instalação de poços de monitoramento. **Objetivos:** Este estudo aplicou a Tomografia de Resistividade Elétrica (ERT) para investigar a variabilidade sazonal da umidade em subsuperfície em Manaus, Amazonas. **Método:** A aplicação da eletrorresistividade baseia-se na detecção de variações nos valores de resistividade elétrica em subsuperfície, frequentemente associadas a mudanças no teor de umidade, litologia e qualidade da água. Estudos prévios demonstram a eficácia da metodologia no monitoramento de processos de recarga, na caracterização da zona não saturada e saturada, na identificação de direções de fluxo e na avaliação de influências climáticas. Os levantamentos foram realizados em períodos chuvosos e secos em três áreas urbanas de Manaus. **Resultados:** Os resultados evidenciaram redução dos valores de resistividade elétrica durante os períodos chuvosos, associada ao aumento da infiltração e da saturação hídrica, enquanto nos períodos secos observou-se aumento da resistividade, indicando menor teor de umidade no meio. As respostas geoeletricas apresentaram forte relação com as características litológicas locais, principalmente com a presença de sedimentos argilosos e arenosos da Formação Alter do Chão. **Conclusão:** A ERT demonstrou elevada eficiência operacional, boa relação custo-benefício e potencial para aplicações hidrogeológicas e ambientais voltadas à gestão sustentável das águas subterrâneas.

águas subterrâneas; Geofísica; hidrogeofísica; mudanças climáticas;

O QUE MOTIVA O USO DE POÇOS PARTICULARES? ANÁLISE DA DINÂMICA DE EXPLOTAÇÃO EM BAURU (SP) ENTRE 2010 E 2024

OLIVEIRA, Beatriz Sartori¹; SUHOGUSOFF, Alexandra¹; RÖRIG, Fernando Schuh¹; FREIRE, Renata Novais¹; HIRATA, Ricardo¹;

(1) USP - São Paulo - SP - Brasil;

Beatriz Sartori Oliveira (beatrizsartori@usp.br)

As águas subterrâneas desempenham um papel crucial nos sistemas de abastecimento público, atendendo a 57% das sedes urbanas no Brasil. O uso privado também é relevante: em 2022, 8,3 milhões de domicílios foram atendidos por poços particulares (56% em áreas urbanas), um aumento de 68% em relação a 2010. Bauru/SP é uma cidade representativa desse cenário, reforçando a necessidade de compreender o papel dos poços particulares no abastecimento do município e os fatores socioeconômicos que influenciam a sua expansão. Este estudo avalia a evolução temporal e espacial das extrações de água por poços particulares no município de Bauru entre 2010 e 2024, a fim de compreender os fatores que impulsionam a sua expansão. Propõe-se avaliar como essa dinâmica tem contribuído para garantir o abastecimento hídrico para múltiplos usos no município. As etapas metodológicas consistiram em: (i) levantamento de dados; (ii) análise espacial dos dados relativos à dinâmica urbana e distribuição de poços; (iii) processamento e interpretação dos resultados. A análise espacial dos poços particulares em Bauru evidenciou sua maior concentração em regiões de urbanização consolidada nas décadas de 1980 e anteriores, especialmente para uso comercial. Esse comportamento contrasta com a menor densidade de poços em áreas de urbanização recente, que, porém, também concentram poços para uso residencial, na região sul do município. A dinâmica de exploração privada é influenciada pelo acesso à rede de água: nas áreas abastecidas pela rede de água, as finalidades comercial representam 44% dos poços particulares nessa área, uso misto 26% e residencial 19%, indicando uma busca por abastecimento complementar ou substitutivo. Em contrapartida, nas regiões sem cobertura de rede pública, os usos predominantes de poços particulares são comercial, misto e rural (76% dos poços particulares nessa área). Na área sem acesso à rede de água, 10% dos poços são para uso residencial, como fonte principal de abastecimento. Nos poços privados, há uma clara preferência econômica pela exploração do Aquífero Bauru (SAB), de condição livre e de menor custo de perfuração, embora o Aquífero Guarani (SAG) apresente participação relevante (15%) nas captações em locais sem acesso à rede. Também se observou que regiões de urbanização mais antiga e consolidada concentram poços particulares de maior vazão. Além disso, é possível identificar que em áreas de urbanização recente (após os anos 2000), os poços para usos comercial e residencial apresentam as maiores vazões, acima de 100 m³/mês. Em áreas periurbanas, urbanizadas entre 2015 e 2020, a finalidade residencial apresenta as maiores explorações médias (~500 m³/mês). O estudo identificou os fatores espaciais e temporais que influenciam o uso privado de água subterrânea em Bauru (SP). Destacam-se a expansão de poços residenciais em áreas de urbanização após anos 2000 e a forte predominância do uso comercial nos centros urbanos consolidados. Assim, pretende-se indicar prioridades para a gestão de águas subterrâneas, indicando locais e aquíferos com maior intensidade atual de usos.

abastecimento urbano; poços particulares; segurança hídrica;

A IMPORTANCIA DOS POÇOS DE MONITORAMENTO FRENTE AS INCERTEZAS NÃO RESOLVIDAS NAS ETAPAS DO GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS (GAC)

GUSMÃO, CLÁUDIA ELVIRA¹;

(1) Pesquisadora Independente: Especialista em Meio Ambiente (GAC) - SALVADOR - BA - Brasil;

CLÁUDIA ELVIRA GUSMÃO (claudiagusmao77@hotmail.com)

Introdução: As investigações da contaminação ambiental, principalmente nas etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), utilizam-se dos resultados analíticos das Substâncias Químicas de Interesse (SQIs) para sustentar a qualidade ambiental do meio estudado em suporte a pareceres técnicos. Para tanto, um elemento chave é crucial, - o poço de monitoramento. A construção dos poços de monitoramento em aquíferos granulares devem seguir os modos operandi das Normas Técnicas que garantem, se seguidas fidedignamente, a qualidade do poço de monitoramento (perfil construtivo) com indicação de materiais adequados e especificados, quanto a compatibilidade à geologia do local sob investigação. A saber: A NBR 15.495-1 (2009) - Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1: Projeto e construção. Ao seguir as diretrizes técnicas contidas nesta Norma, os resultados dos analitos, preponderantemente, dar-se-ão sob uma ótica inquestionável, quando sob alvo de incertezas não resolvidas (falsos positivos ou falsos negativos), nas etapas do GAC, e do ponto de vista da qualidade da amostra coletada - objeto primordial de toda a cadeia investigativa para tomadas de decisões junto aos órgãos ambientais. **Objetivos:** Promover olhares mais criteriosos frente ao comprometimento técnico, imparcial e adequadamente congruente às premissas técnicas básicas, para promover dados consubstanciados ao monitoramento de água subterrânea. **Método:** Numa abordagem em análises documentais, de trabalhos realizados por uma consultoria aplicando as etapas do GAC numa determinada área, e apresentando como conclusão dos estudos, na classificação da área como: área contaminada com risco confirmado. Foram verificadas algumas incertezas. **Resultados:** Dentre as várias observações apontadas nesta análise documental, os resultados para os ensaios de campo das amostras de águas subterrâneas coletadas com a técnica de Baixa Vazão, conforme descrito nos relatórios técnicos da consultoria, apresentaram resultados de turbidez elevados, chamando a atenção para a dada forma com a qual fora procedida a construção dos poços de monitoramento deste estudo. Constatado ainda, que a área do estudo está localizada sob influência de geologia predominantemente formada por sedimentos argilo-siltosos, para os quais foram utilizadas areia grossa como pré-filtro, e adicionalmente, procedida a completação (selo anelar) com bentonita seca e por gravidade, o que pode comprometer totalmente o fator de qualidade construtiva dos poços, formando assim, possíveis vias verticais preferenciais para os contaminantes sob investigação. **Obs:** Por motivo de contrato de confidencialidade, as razões sociais e localização das áreas serão mantidas em absoluto sigilo – focando apenas nos aspectos técnicos metodológicos. **Conclusão:** Com base nas análises, para o entendimento das incertezas que foram arroladas nas etapas do GAC, nestes estudos, e que visavam atender às exigências dos órgãos ambientais, frente às possíveis contaminações na área. Conclui-se que os poços de monitoramento estão inadequados para a coleta das amostras de água subterrânea, baseados nos elevados valores medidos para turbidez, analito que influencia diretamente nos resultados analíticos das SQIs.

água subterrânea; Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC); Incertezas; Poços de Monitoramento;

AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO PLANEJAMENTO DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO

FERREIRA, Adriana Niemeyer Pires¹; GASPAR, Márcia Pantoja¹; MORAES, Leticia Lemos¹; OLIVEIRA, Fernando Roberto¹; CARDOSO, Fabrício Bueno da Fonseca¹; ARAÚJO, Nazareno Marques¹; VEIGA, Henrique Pinheiro¹;

(1) Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - Brasília - DF - Brasil;

Adriana Niemeyer Pires Ferreira (adriana.ferreira@ana.gov.br)

Introdução: A Agenda para a Implementação da Gestão Integrada Rio-Aquífero (Agenda GIRA) constitui um instrumento estratégico voltado ao fortalecimento da gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas no Brasil. Define as ações da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para o período 2026-2030 no tema de águas subterrâneas e da sua interação com as águas superficiais. Trata-se do terceiro ciclo de um esforço institucional iniciado em 2007, agora com escopo ampliado, pois além do Plano Nacional de Recursos Hídricos 2022-2040 (PNRH), articula-se com o Plano Temático de Recursos Hídricos do Plano Clima Adaptação. Essa Agenda apresenta um enfoque prático, voltado para a efetiva implementação da gestão integrada rio-aquífero e a proposição de ações com viés regulatório e integrado. **Objetivo:** Executar um conjunto de ações que promovam a implementação da gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos no Brasil, fornecendo as bases técnicas e institucionais para que as decisões de gestão, considerem adequadamente a interdependência entre rios e aquíferos. Neste sentido, materializa as atribuições da ANA indicadas nos Subprogramas 3.2. Gestão das Águas Subterrâneas e 3.3 Monitoramento dos Recursos Hídricos (Programa 3. Gestão da Qualidade e da Quantidade dos Recursos Hídricos), do PNRH, relativamente a implementação da gestão integrada rio-aquífero e monitoramento piezométrico. **Resultados:** A Agenda GIRA 2026-2030 foi estruturada em 3 Ações e 12 Atividades, com horizonte de planejamento até 2030, orçamento estimado de R\$ 30,7 milhões e implementação centrada em três componentes que formam uma cadeia de valor do conhecimento hídrico integrado: a) Dados, por meio do monitoramento piezométrico; b) Estudos, voltados ao conhecimento hidrogeológico) e c) Decisão, para aplicação regulatória. A Agenda está fundamentada em uma premissa central: o conhecimento hidrogeológico somente produz impactos efetivos na gestão dos recursos hídricos quando percorre integralmente a cadeia que conecta monitoramento, produção de conhecimento e tomada de decisão. Nesse sentido, o monitoramento piezométrico integrado constitui a base para a geração de dados confiáveis e consistentes, cuja interpretação permite o desenvolvimento de avaliações e estudos hidrogeológicos de maior robustez técnica. Esses estudos, por sua vez, fornecem o suporte necessário para a incorporação da dimensão subterrânea nos instrumentos de gestão e regulação. **Conclusão:** Essa ferramenta de planejamento representa um avanço institucional importante para a ANA e para o SINGREH, ao estabelecer as condições necessárias para que a interação entre rios e aquíferos seja efetivamente considerada nos processos de gestão, planejamento e regulação dos recursos hídricos, fortalecendo a segurança hídrica e a sustentabilidade do uso da água no Brasil.

águas subterrâneas; gestão integrada rio-aquífero; monitoramento piezométrico;

AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO PLANO CLIMA ADAPTAÇÃO

FERREIRA, Adriana Niemeyer Pires¹; OLIVEIRA, Fernando Roberto¹; CARDOSO, Fabrício Bueno da Fonseca¹; MORAES, Letícia Lemos¹; GASPAR, Marcia Pantoja¹; VEIGA, Henrique Pinheiro¹; ARAÚJO, Nazareno Marques¹;

(1) Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - Brasília - DF - Brasil;

Adriana Niemeyer Pires Ferreira (adriana.ferreira@ana.gov.br)

Introdução: O Plano Temático de Recursos Hídricos (PTRH) integra o Plano Clima Adaptação, iniciativa coordenada pelos Ministérios do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com o objetivo de fortalecer a resiliência do setor de recursos hídricos frente aos impactos das mudanças climáticas. O plano parte do princípio de que a água constitui o principal vetor de adaptação climática, em razão de sua natureza transversal e influência sobre diversos setores socioeconômicos e ambientais. Suas diretrizes estão fundamentadas nos princípios da justiça climática, da cidadania hídrica, da equidade social e da participação social. No diagnóstico apresentado, os principais riscos associados aos recursos hídricos incluem alterações no regime hidrológico, com redução de vazões superficiais e dos níveis de águas subterrâneas em determinadas regiões, resultando em maior escassez hídrica, além do aumento da frequência e da intensidade de eventos extremos, como cheias e inundações, em outras áreas. Objetivo: Demonstrar que este Plano reconhece explicitamente as águas subterrâneas como elemento estratégico para a adaptação climática, evidenciando que esse alinhamento está formalmente documentado em suas diretrizes, ações e recomendações. Busca-se também destacar as interfaces entre as ações propostas e a Agenda para a Implementação da Gestão Integrada Rio-Aquífero da ANA (Agenda GIRA), evidenciando o potencial de contribuição dessa iniciativa para a implementação dos objetivos e metas do plano. Resultados: A análise do documento identificou três ações específicas relacionadas às águas subterrâneas que reforçam sua relevância no contexto da adaptação climática. Entre elas, destacam-se: a elaboração de estudos com identificação de áreas relevantes (hotspots) para a Gestão Integrada Rio-Aquífero (A2M2 -Objetivo Nacional - ON 1), a ampliação da rede de monitoramento de aquíferos em bacias prioritárias (A5M3 -ON 3) e a atualização do levantamento de áreas de recarga de aquíferos em bacias prioritárias (A2M4 -ON 3 e 4). Ademais, recomenda a incorporação sistemática das águas subterrâneas nas metodologias do plano, a priorização de estudos climáticos em aquíferos estratégicos e a adoção de estratégias de adaptação que não se limitem à ampliação da oferta de água por meio de bombeamento. Conclusão: As águas subterrâneas são reconhecidas pelo Plano como um recurso estratégico para a adaptação às mudanças climáticas e para a segurança hídrica, embora estas ainda permaneçam subrepresentadas nos processos de planejamento e tomada de decisão. O documento evidencia a necessidade de fortalecer a base de conhecimento técnico-científico, ampliar o monitoramento hidrogeológico, aprimorar os mecanismos de governança e promover a gestão integrada entre rios e aquíferos. Nesse contexto, observa-se forte convergência entre as diretrizes do Plano Clima Adaptação e os objetivos da Agenda GIRA, especialmente no que se refere à produção de conhecimento, à identificação de áreas prioritárias, à proteção das zonas de recarga e ao fortalecimento da gestão integrada dos recursos hídricos. As ações propostas estabelecem uma agenda estratégica para os próximos anos reforçando o papel fundamental das águas subterrâneas na construção da resiliência hídrica e climática do país.

adaptação climática; águas subterrâneas; gestão integrada rio-aquífero; Plano Clima Adaptação; segurança hídrica;

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DOS NÍVEIS DE ÁGUA EM POÇOS DO AQUIFERO GUARANI EM BAURU (SP)

MACARI, Renato¹; PEDREIRA, Guilherme Conte¹;

(1) Departamento de Água e Esgoto (DAE) - Bauru - SP - Brasil;

Renato Macari (renatom@daebauru.sp.gov.br)

Introdução: O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é a principal fonte de abastecimento público de Bauru (SP), suprimindo 63% da demanda municipal. Estudos recentes (Rusig et al., 2024) indicam que o SAG na área urbana apresenta espessura saturada de 63 a 344 m e transmissividade de 0,6 a 27,9 m²/h, com águas de milhares de anos, configurando um aquífero fóssil de recurso finito. O modelo analítico de Boico (2016) previu rebaixamentos máximos de 15 m para o cenário de abastecimento até 2034. A análise histórica dos níveis estáticos (NE) e dinâmicos (ND) permite avaliar a sustentabilidade da exploração e confrontar as projeções com os dados observados. **Objetivos:** Analisar a variação temporal dos NE e ND de 42 poços do SAG em Bauru entre 2009 e 2025, identificando tendências de rebaixamento, avaliando eficiência hidráulica e produtividade, delimitando regiões críticas e confrontando os resultados com os modelos de Boico (2016) e Rusig et al. (2024). **Método:** Para cada poço, calcularam-se a variação total do NE e ND, a taxa anual de rebaixamento e a produtividade específica (Q/S). Empregaram-se estatísticas descritivas e correlação de Pearson. A eficiência foi estimada por testes de bombeamento. Análises espaciais foram realizadas, agrupando os poços em quatro regiões hidrogeológicas. **Resultados:** Observou-se rebaixamento generalizado, afetando 90,5% dos poços. O rebaixamento médio do NE foi de 27,8 m (DP=18,5) e do ND de 20,6 m (DP=14,2), com rebaixamentos máximos de 71 m (UP 06) e 55 m (UP 31), superando os 15 m previstos por Boico (2016) para 2034. A taxa média de rebaixamento foi de 1,0 m/ano, consistente com Rusig et al. (2024). A vazão média dos poços caiu 24% em relação aos valores iniciais. A correlação com a vazão explorada ($r=0,73$; $p<0,001$) foi mais forte do que com a idade ($r=0,58$; $p<0,01$), indicando que a intensidade de bombeamento é o fator preponderante. Foram identificadas quatro regiões críticas: Núcleo Central-Norte (rebaixamento médio NE de 38,4 m), Zona Leste (ND de 31,4 m), Zona Sudoeste (baixa produtividade, Q/S média de 2,2 m³/h/m) e Zona Sul (ND de 17,6 m). Poços com menor espessura saturada (região sudoeste) apresentaram as menores eficiências (UP 68 com 14,2%; UP 45 com 19,5%). A região central, apesar de maior transmissividade, apresentou os maiores rebaixamentos devido à sobreposição de cones de rebaixamento, confirmando a interferência entre poços apontada por Rusig et al. (2024). **Conclusão:** O SAG em Bauru encontra-se em rebaixamento contínuo e acelerado, com magnitudes superiores às projeções de Boico (2016) para 2034, indicando que o cenário crítico já foi superado. A queda de 24% na produtividade e a taxa de rebaixamento de 1 m/ano demonstram a exaustão do aquífero fóssil, cuja reserva compressível não garante sustentabilidade a longo prazo. A gestão deve priorizar: redução das vazões nas áreas de maior interferência, rodízio operacional e manutenção preventiva em poços ineficientes. **Referências Bibliográficas:** BOICO, V. F. Modelo analítico para a avaliação do escoamento de água no Aquífero Guarani em Bauru/SP. 2016. 106p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. RUSIG, J. B.; MARQUES, C. H. G.; HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A. V. Sistema Aquífero Guarani: garantia de segurança hídrica para Bauru (SP)? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2024, São Paulo. Anais. São Paulo: ABAS, 2024. Aquífero Guarani; Bauru-SP; Níveis de água; Rebaixamento;

ABASTECIMENTO DE AGUA EM TERRAS INDIGENAS: DESAFIOS EM AREAS DE BAIXA DISPONIBILIDADE HIDRICA SUBTERRANEA

PEIXOTO, VINICIUS MEDINA¹; SILVA, BRUNA ALMEIDA¹;

(1) DISTRITO SANITÁRIO ESPECIAL INDÍGENA DE MATO GROSSO DO SUL - CAMPO GRANDE - MS - Brasil;

VINICIUS MEDINA PEIXOTO (viniciusmedinap@gmail.com)

Introdução A segurança hídrica em terras indígenas representa um dos principais desafios para a garantia da qualidade de vida, da saúde pública e da permanência das comunidades em seus territórios tradicionais. Em áreas inseridas em regiões hidrogeologicamente desfavoráveis, a captação de água subterrânea é frequentemente limitada por elevadas taxas de poços improdutivos ou por baixas vazões. Nesse contexto, a caracterização dos aspectos hidrogeológicos em aldeias indígenas localizadas na porção ocidental do estado de Mato Grosso do Sul permitiu analisar os fatores que influenciaram o sucesso na obtenção de água subterrânea, contribuindo para o planejamento de estratégias voltadas ao abastecimento de água nessas comunidades. **Objetivo** Analisar os principais fatores relacionados à perfuração de poços tubulares produtivos em terras indígenas situadas em áreas com baixa disponibilidade hídrica subterrânea. **Métodos** O estudo se baseou na análise de 16 poços perfurados pelo Distrito Sanitário Especial Indígena de Mato Grosso do Sul (DSEI-MS), em parceria com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), nas aldeias Moreira, Ka'ikoe, Morrinho, Argola e Nossa Senhora de Fátima, no município de Miranda (MS). A área está inserida na Faixa de Dobramentos Paraguai, composta por aquíferos fissurais em contexto estrutural complexo. Foram analisados mapas geológicos e hidrogeológicos, além da extração de lineamentos associados a estruturas geológicas a partir de imagens de satélite e modelo digital de terreno (MDT), que subsidiaram a locação dos poços. Os dados das perfurações foram utilizados para identificar os características e padrões das fraturas produtivas. **Resultados** A análise preliminar identificou lineamentos estruturais predominantemente N-NW em pequena escala e NW em grande escala. Os dados de perfuração indicaram que não há direção preferencial de lineamentos associada à maior favorabilidade para captação de água subterrânea. Nas aldeias Moreira e Ka'ikoe foi obtido um poço produtivo em cada comunidade, ambos em lineamentos NW-SE, com vazões de 8 e 3 m³/h, alimentados por fraturas entre 26 e 59 m de profundidade, respectivamente. No entanto, três poços perfurados no mesmo lineamento foram improdutivos. Na aldeia Morrinho, quatro poços perfurados em lineamentos NW-SE e NE-SW não apresentaram produção suficiente. Nas aldeias Argola e Nossa Senhora de Fátima, sete poços foram perfurados em lineamentos NE-SW, resultando em dois poços produtivos (9,6 e 2 m³/h) e cinco improdutivos, com entradas de água em fraturas abaixo de 90 m de profundidade. **Conclusão** A complexidade geológica e estrutural da área não possibilita a adoção de uma metodologia simplificada para a locação de poços produtivos. Fraturas com entrada de água em lineamentos NW-SE ocorreram, em geral, até 60 m de profundidade, enquanto nos lineamentos NE-SW predominaram fraturas produtivas abaixo de 90 m. A ocorrência de poços produtivos e improdutivos em um mesmo lineamento indica que o conhecimento da direção de inclinação das fraturas é fundamental para o sucesso da perfuração. Esses resultados podem subsidiar projetos de perfuração de poços na região, recomendando-se a integração de levantamentos geofísicos e hidrogeológicos detalhados, visando o aumento da probabilidade de interceptação de zonas aquíferas produtivas, otimização de custos de implantação e melhoria da eficiência dos sistemas de abastecimento.

Abastecimento de Água; águas subterrâneas; segurança hídrica; terras indígenas;

AVALIAÇÃO HIDROGEOLOGICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE CEMITÉRIO PÚBLICO MUNICIPAL EM SANTA IZABEL DO PARÁ

*PEREIRA DA SILVA, Lucas¹;
(1) UFPA - Belém - PA - Brasil;*

Lucas Pereira da Silva (lucaspereirageologia@gmail.com)

Introdução: A implantação de cemitérios exige estudos hidrogeológicos para avaliar a vulnerabilidade do aquífero e os riscos de contaminação das águas subterrâneas. No município de Santa Izabel do Pará, as condições geológicas e hidrogeológicas são caracterizadas por sedimentos arenosos e aquíferos livres, tornando necessária a análise das condições locais para subsidiar o licenciamento ambiental e garantir a segurança do empreendimento. **Objetivos:** Avaliar as características hidrogeológicas da área destinada à implantação de um cemitério público municipal, identificando o comportamento do fluxo subterrâneo, as áreas de recarga e descarga do aquífero, a profundidade do nível freático e a capacidade de infiltração do solo. **Método:** Foram realizados levantamentos bibliográficos, interpretação geológica e hidrogeológica regional, cadastramento de nove poços na Área de Influência Direta e Indireta, medições de níveis estáticos, elaboração de mapa potenciométrico e análise do fluxo subterrâneo com auxílio dos softwares SURFER 13 e ArcGIS 10.3. Também foi executado teste de infiltração conforme a NBR 13.969, visando determinar o coeficiente de permeabilidade do solo e a taxa de percolação. **Resultados:** Os resultados indicaram que os níveis estáticos variaram entre 3,45 m e 11,48 m, sendo os poços mais próximos da área do empreendimento superiores a 10 m de profundidade. O mapa potenciométrico demonstrou que o fluxo subterrâneo segue o gradiente hidráulico natural da região, deslocando-se das áreas de recarga para as áreas de descarga. O teste de infiltração apresentou coeficiente de permeabilidade de aproximadamente 3×10^{-5} m/s, indicando solo moderadamente permeável, favorável à drenagem, porém com potencial de transporte de contaminantes caso não sejam adotadas medidas de controle ambiental. **Conclusão:** A área apresenta condições hidrogeológicas compatíveis com a implantação do cemitério, desde que sejam respeitadas as medidas mitigadoras e os critérios técnicos previstos na legislação ambiental. Recomenda-se a implantação de poços de monitoramento a montante e jusante, o controle do nível freático e a manutenção de distâncias adequadas entre sepulturas e o lençol freático, garantindo a proteção das águas subterrâneas e a sustentabilidade ambiental do empreendimento.

Cemitério; fluxo subterrâneo; hidrogeologia; Infiltração; Lençol Freático;

INTEGRAÇÃO DE BI E METODOS ESTATISTICOS PARA AVALIAÇÃO DA CONSISTENCIA DE DADOS HIDROGEOQUIMICOS EM REDES DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

PIASSA, Luand¹; ALMEIDA, Fabrício de Amorim¹;
(1) CETESB - São Paulo - SP - Brasil;

Luand Piassa (lrpiassa@sp.gov.br)

Introdução: A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) opera duas redes de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo, compostas por poços tubulares profundos, nascentes e poços rasos. Segundo o relatório mais recente (CETESB, 2025), as redes perfazem 395 pontos de monitoramento, com campanhas semestrais que geram até 790 amostras por ano. O volume e a complexidade dos dados hidrogeoquímicos dificultam sua organização, interpretação e validação, especialmente na identificação de padrões espaciais, temporais e de possíveis inconsistências analíticas. Nesse contexto, ferramentas de Business Intelligence (BI) mostram-se promissoras para integração, visualização e análise eficiente dos dados, contribuindo para a avaliação da consistência das informações e para o suporte à tomada de decisão na gestão das águas subterrâneas. **Objetivo:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação de ferramentas de BI na análise de dados hidrogeoquímicos das redes de monitoramento da CETESB, com foco na identificação de padrões, anomalias e valores discrepantes, visando ao aprimoramento do controle de qualidade analítica. **Método:** Para tanto, foi aplicado o método estatístico z-score, que quantifica o afastamento de um valor em relação à média do conjunto de dados, em unidades de desvio padrão, possibilitando a identificação de valores dissonantes (outliers) e a avaliação da consistência dos resultados. Na interpretação dos dados, considerou-se que valores próximos a $z = 0$ indicam maior aderência à média; valores entre $-1 \leq z \leq +1$ representam variações típicas; valores entre $1 < |z| \leq 2$ sugerem variações moderadas; valores com $|z| > 2$ são classificados como incomuns; e valores com $|z| > 3$ apresentam forte indicativo de outliers. Como aplicação metodológica, foi selecionado o Aquífero Taubaté, em razão do número de poços. O conjunto analisado compreendeu 7 pontos de monitoramento distribuídos em 2 campanhas, totalizando 1.416 resultados analíticos referentes a 14 amostras. **Resultados:** A análise por meio do z-score revelou que 84% das observações concentraram-se na faixa de variação típica ($-1 \leq z \leq +1$), indicando comportamento compatível com a variabilidade esperada dos parâmetros avaliados. Outros 13% apresentaram variações moderadas ($1 < |z| \leq 2$), enquanto 1% foi classificado como incomum ($|z| > 2$) e 2% como outliers ($|z| > 3$), indicando a necessidade de avaliação específica quanto à possibilidade de inconsistências analíticas ou condições hidrogeoquímicas diferenciadas. A aplicação do BI permitiu a identificação ágil dessas ocorrências por meio de visualizações dinâmicas e integração dos dados, direcionando a análise detalhada para os resultados mais sensíveis. Após avaliação individualizada, constatou-se que os resultados possivelmente associados a inconsistências analíticas ocorreram apenas para Ferro Total (1,635 mg/L), em uma amostra com z-score de 32,79, e Zinco Total (0,086 e 0,237 mg/L), em duas amostras com z-score próximo a 35. Os demais resultados com $|z| > 3$ não foram associados a problemas analíticos, sendo considerados válidos para a interpretação hidroquímica das águas do aquífero. **Conclusão:** Conclui-se que a aplicação do BI aliados ao método estatístico do z-score apresenta potencial como instrumento de apoio à avaliação e validação de dados laboratoriais, contribuindo para a otimização da conferência dos resultados analíticos e para o aprimoramento da análise dos dados de monitoramento. águas subterrâneas; Business Intelligence (BI); Controle de qualidade analítica; hidrogeoquímica; Z-score;

ATUALIZAÇÃO DO MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEITUAL POR MEIO DA INTEGRAÇÃO DE PERFILAGENS GEOFÍSICAS E SEÇÕES GEOLOGICAS NO POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI (BA)

RODRIGUES, Antônio Jorge¹; FIGUEIREDO, Lucas Santos¹; WERLANG, Jordon Luiz¹; ROEDEL, Rosialine Marques¹;

(1) CETREL - Salvador - BA - Brasil;

Antônio Jorge Rodrigues (antonioacruz@cetrel.com.br)

INTRODUÇÃO O Sistema Aquífero Marizal–São Sebastião representa uma importante fonte de abastecimento de água subterrânea da Região Metropolitana de Salvador, sendo responsável por parcela significativa da demanda hídrica do Polo Industrial de Camaçari. A elevada exploração do aquífero e a crescente complexidade hidrogeológica da região evidenciam a necessidade de aprimorar o conhecimento sobre sua compartimentação geológica e hidráulica, reduzindo incertezas associadas ao modelo conceitual e subsidiando estratégias de gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **OBJETIVO** Atualizar e refinar o modelo hidrogeológico conceitual do Polo Industrial de Camaçari por meio da integração de dados geológicos, geofísicos e hidrogeológicos. **METODOLOGIA** Nesse trabalho é apresentado a atualização do modelo conceitual hidrogeológico na região do polo industrial de Camaçari (PIC), que tem a finalidade de mapear elementos geológicos e hidrogeológicos, que combinados possam atualizar o modelo conceitual hidrogeológico e fornecer informações relevantes para refinar o modelo numérico de fluxo regional (MNFR) de modo a apoiar nas estratégias econômicas para controle, gestão e planejamento do uso dos recursos hídricos subterrâneos no longo prazo. A metodologia utilizada para aprimoramento e atualização do modelo conceitual hidrogeológico considerou a realização de sondagens profundas, com o perfilamento geofísico e a integração dos dados de monitoramento do nível d'água. Foram executadas dez sondagens profundas, atingindo até 70 m de profundidade, acompanhadas por perfilações geofísicas de potencial espontâneo, resistividade elétrica, raios gama e sônico. As informações obtidas foram integradas às descrições litológicas, aos dados de monitoramento dos níveis d'água, aos ensaios hidráulicos realizados nos poços instalados e ao mapeamento geológico regional. Essa abordagem permitiu elaborar três seções geológicas regionais, utilizadas para reinterpretar a arquitetura estratigráfica e hidrogeológica da área de estudo. **RESULTADOS** A integração dos diferentes conjuntos de dados promoveu o refinamento do modelo geológico regional, permitindo reconhecer a distribuição espacial e a continuidade de camadas de argila, argilito e folhelho, anteriormente pouco individualizadas. As três seções geológicas evidenciaram que essas unidades apresentam continuidade lateral variável e atuam como horizontes semiconfinantes, compartimentando o Sistema Aquífero Marizal–São Sebastião em distintos intervalos hidrogeológicos. A nova interpretação permitiu redefinir a geometria dessas unidades, compreender sua influência na circulação vertical e horizontal da água subterrânea e orientar a instalação de poços multiníveis em diferentes compartimentos hidroestratigráficos, reduzindo significativamente as incertezas do modelo conceitual. **CONCLUSÃO** O estudo demonstrou que a compartimentação hidrogeológica regional é condicionada pela ocorrência de camadas argilosas e rochosas de baixa permeabilidade, que exercem controle sobre o fluxo subterrâneo. A elaboração das três seções geológicas regionais constituiu o principal avanço do trabalho, permitindo a atualização do modelo hidrogeológico conceitual e fornecendo uma base técnica mais robusta para o refinamento do modelo numérico de fluxo, bem como para o planejamento e a gestão sustentável das águas subterrâneas na região do Polo Industrial de Camaçari.

águas subterrâneas; Modelo Hidrogeológico; Perfilagem geofísica;

GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ILHA DE SÃO LUÍS-MA: ANÁLISE DAS OUTORGAS E DO USO E COBERTURA DO SOLO

*MATOS, Rebeca Critina Nascimento¹; BRITA, Natilene Mesquita¹; SILVA, Paloma Daycy Mendes¹;
(1) UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA - São Luís - MA - Brasil;*

Rebeca Critina Nascimento Matos (rebecamatosgeo@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas desempenham papel estratégico no abastecimento da Ilha de São Luís-MA, onde o crescimento urbano, a ampliação da demanda hídrica e as limitações de saneamento impõem pressões crescentes sobre o Sistema Aquífero Barreiras-Itapecuru. Em ambiente costeiro e insular, a ocupação de áreas de recarga e a intensificação das captações tornam indispensável a integração entre planejamento territorial e gestão dos recursos hídricos. **Objetivos:** Analisar aspectos regulatórios, a distribuição das outorgas de poços tubulares e as transformações do uso e cobertura do solo na Ilha de São Luís, buscando identificar condicionantes e pressões relevantes à gestão sustentável das águas subterrâneas. **Método:** Realizou-se pesquisa descritiva e documental, com análise da legislação nacional e estadual de recursos hídricos e dos planos diretores dos municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa. Foram sistematizados dados de outorgas vigentes de poços tubulares registrados no sistema estadual até outubro de 2025. A análise espacial integrou o mapa de solos do estudo ANA/CPRM e dados de uso e cobertura do solo do MapBiomas referentes a 2024. **Resultados:** Foram identificadas 906 outorgas vigentes de poços tubulares, distribuídas em São Luís (432), São José de Ribamar (308), Paço do Lumiar (155) e Raposa (11), com predominância de usos destinados ao consumo humano e ao abastecimento público. A análise normativa evidenciou a existência de instrumentos de gestão das águas subterrâneas no Maranhão, porém a revogação do regulamento estadual específico de 2012 reduziu o detalhamento normativo dedicado à proteção, ao monitoramento e ao controle dos aquíferos. Os planos diretores municipais incorporam, em diferentes níveis, diretrizes relacionadas à proteção ambiental, ao controle da perfuração de poços e à preservação de áreas de recarga. A análise espacial indicou intensa expansão urbana sobre setores com solos permeáveis e favoráveis à infiltração, especialmente nas áreas centrais e elevadas da ilha. Em zonas costeiras e estuarinas, a associação entre ocupação urbana, ambientes de mangue e apicum e proximidade do meio marinho evidencia maior vulnerabilidade à salinização e à degradação da qualidade das águas subterrâneas. **Conclusão:** Os resultados demonstram que a sustentabilidade das águas subterrâneas na Ilha de São Luís depende do fortalecimento da regularização dos usos, do monitoramento quali-quantitativo e da integração entre gestão hídrica e planejamento territorial. A proteção das áreas de recarga e o aprimoramento dos instrumentos regulatórios e de fiscalização são medidas essenciais para reduzir riscos associados à expansão urbana e assegurar a segurança hídrica em longo prazo. águas subterrâneas; gestão de recursos hídricos; Outorga; segurança hídrica; uso do solo;

PROPOSAL FOR HYDROGEO THERMAL INVESTIGATION OF WELLS IN THE CALDAS NOVAS DOME REGION USING FIBER-OPTIC DISTRIBUTED TEMPERATURE SENSING (FO-DTS)

*FREIRE FILHO, Ricardo Augusto de Farias¹; WENDLAND, Edson Cezar¹;
(1) Universidade de São Paulo - USP - São Carlos - SP - Brasil;*

Ricardo Augusto de Farias Freire Filho (ricardofreirefilho@usp.br)

Introduction The upwellings of thermal waters in the region of Caldas Novas, Goiás, stand out for not having a magmatic or tectonic origin (Campos et al., 2005, 2013). Previous studies have investigated how the water distribution occurred from the Caldas Novas dome to the thermal springs through 1 to 2 mm fractures (Bauer, 2015; Rosa et al., 2021). However, the temperature gradient, as well as the location of these fissures along the stratigraphic profile, lack detailed information. **Objectives** The present study aims to characterize the temperature gradient and locate the fractures in the wells of the Paranoá and Araxá aquifers, situated in the Caldas Novas Dome region, through distributed temperature sensing (DTS). **Method** The wells to be investigated are regularized by the Geological Survey of Brazil (SGB). According to Uchôa et al. (2025), the integrated database of the Groundwater Information System (SIAGAS) and the Integrated Groundwater Monitoring Network (RIMAS) contains 30 regularized wells in Caldas Novas and 2 in the city of Rio Quente. The DTS will be used in conjunction with a fiber-optic (FO) cable, constituting the FO-DTS system. It will perform readings every 25 centimeters with a resolution of 0.01 °C and continuous monitoring for 72 hours. **Expected Results** From the measurement campaign to be carried out, it is expected to obtain the temperature gradient profiles along the wells; detect sudden temperature peaks, as this indicates the possible presence of fractures; and analyze how much each of them contributes to the flow in the well. Furthermore, the high spatial resolution of the FO-DTS will be used to measure the size of these fractures. **Conclusion** Therefore, the application of the FO-DTS system in the wells will provide a new and precise detailing of the water temperature variation along the depth profile. In addition, it will accurately define the location and length of the fractures. Thus, it becomes possible to refine numerical models such as the one by Bauer (2015), whose sensitivity to the temperature gradient and flow lines exerts a major influence on the result.

fractured aquifer; fractures; groundwater; Serra de Caldas Novas; thermal waters;

INFLUÊNCIA DA REABERTURA DO POÇO E DA SUBSTITUIÇÃO DE FLUIDO BENTONÍTICO POR POLIMÉRICO NA RESPOSTA DE PERFIS RESISTIVOS EM POÇO TUBULAR PROFUNDO

MACARI, Renato¹; CONTE JR., Fernando²;

(1) Departamento de Água e Esgoto (DAE) - Bauru - SP - Brasil; (2) Hydrolog Serviços de Perfisagens - Bauru - SP - Brasil;

Renato Macari (renatom@daebauru.sp.gov.br)

Introdução: Os perfis geofísicos resistivos são fundamentais para a caracterização hidrogeológica de poços tubulares. Contudo, suas respostas sofrem forte influência das condições do ambiente de perfuração, como o tipo de fluido utilizado, a profundidade de invasão do filtrado e as variações geométricas do poço. Nery e Macari demonstraram que as divergências entre perfis resistivos em poços perfurados com bentonita e polímero se devem principalmente à profundidade de invasão, e não apenas à composição do fluido. Estudos recentes reforçam que modificações no reboco, na distribuição radial das resistividades e no diâmetro do poço também impactam significativamente as leituras. **Objetivos:** Avaliar como a reabertura do poço e a troca do fluido bentonítico pelo polimérico afetam os perfis de Resistividade Normal Curta (SN) e Indução Profunda (DIR), a partir de duas campanhas de perfilagem realizadas no mesmo poço. **Método:** O estudo comparou duas perfisagens geofísicas feitas em um mesmo poço tubular profundo. A primeira campanha ocorreu em 25/03/2026, com profundidade de 618 m e uso de fluido bentonítico. A segunda foi realizada em 14/04/2026, após a reabertura do poço e a conversão para fluido polimérico. Analisaram-se as curvas de Raios Gama, Sônico, Resistividade Normal Curta (SN), Indução Profunda (DIR) e Caliper (BOREID), aplicando uma comparação estatística das variações registradas ao longo do perfil. **Resultados:** As curvas de Raios Gama e Sônico mostraram diferenças médias de cerca de 16,9% e 7,1%, respectivamente, mantendo-se estáveis nos trechos de geometria regular. As oscilações mais expressivas ocorreram nos intervalos resistivos (com valores entre 10 ohm/m e 1.200 ohm/m), atingindo diferenças médias de 15,7% para a SN e 15,5% para a DIR. Discrepâncias locais superaram 190% em intervalos específicos, coincidindo com zonas onde o Caliper (BOREID) registrou alargamentos expressivos além do diâmetro nominal de 12 polegadas. Os dados indicam que a reabertura removeu parcialmente o reboco bentonítico, redistribuiu a zona invadida e modificou o ambiente elétrico perto da parede. A curva SN, por ter menor profundidade de investigação, mostrou-se mais sensível a essas mudanças. Já a curva DIR, mesmo sendo menos suscetível ao poço, variou bastante em função do diâmetro e da distribuição radial das resistividades. **Conclusão:** Os resultados confirmam que as divergências entre as campanhas não decorrem de falhas instrumentais, mas sim das mudanças ambientais causadas pela reabertura do poço e pela troca do fluido. Embora os dados apoiem a hipótese de que a profundidade de invasão é o principal fator nas respostas resistivas, fica evidente que o diâmetro da perfuração e as condições do reboco também têm peso importante. Portanto, a interpretação quantitativa de perfis resistivos em poços de água precisa considerar a evolução temporal dessas condições para evitar erros no cálculo dos parâmetros hidrogeológicos.

fluido de perfuração; invasão de filtrado; Perfilagem geofísica; poços tubulares; resistividade;

IMPACTOS DA VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO E DA INTENSIFICAÇÃO DO CICLO HIDROLÓGICO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO AQUIFERO ALTER DO CHÃO, AMAZÔNIA CENTRAL

DE BRITO, Alderlene Pimentel¹; FERREIRA, Savio José Filgueiras¹; DA SILVA, Márcio Luiz¹; DE OLIVEIRA, Laura Cristina Pereira¹; DE ABREU, Aretusa Centauro¹; CHAVES, José Edivaldo¹; DA MOTA, Fabiano Lopes¹;

(1) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Manaus - AM - Brasil;

Alderlene Pimentel de Brito (alderlenebrito@gmail.com)

Introdução: As mudanças climáticas têm intensificado a variabilidade hidrológica na Amazônia, aumentando a frequência e magnitude de eventos extremos de seca e cheia. Essas alterações podem afetar diretamente a recarga, o armazenamento e a disponibilidade das águas subterrâneas. Apesar da relevância do Aquífero Alter do Chão para a manutenção dos ecossistemas e abastecimento regional, os efeitos de longo prazo da variabilidade climática sobre sua dinâmica ainda são pouco compreendidos. **Objetivos:** Avaliar os impactos da variabilidade interanual da precipitação e da intensificação do ciclo hidrológico sobre a dinâmica das águas subterrâneas em uma microbacia preservada da Amazônia Central, identificando tendências temporais, padrões de recarga e respostas do aquífero a eventos climáticos extremos. **Método:** Foram analisados 21 anos (2001–2021) de monitoramento hidrológico em sete piezômetros instalados ao longo de um transecto hidrogeomorfológico na microbacia do Igarapé Açu, abrangendo áreas de platô, vertente e baixio. Dados de nível das águas subterrâneas foram integrados com séries de precipitação, evapotranspiração, armazenamento subterrâneo modelado e índices climáticos associados ao ENOS. As tendências temporais foram avaliadas pelo teste de Mann-Kendall modificado. A recarga foi estimada pelo método Water Table Fluctuation (WTF), e análises de correlação cruzada foram aplicadas para determinar o tempo de resposta do aquífero. **Resultados:** Os resultados indicaram tendência de aumento da precipitação, evapotranspiração e níveis das águas subterrâneas ao longo das últimas duas décadas. Entretanto, a resposta do aquífero apresentou elevada heterogeneidade espacial. Áreas de baixio responderam rapidamente aos eventos de chuva (aproximadamente 1 dia), enquanto os piezômetros do platô apresentaram respostas mais lentas (~60 dias), maiores oscilações interanuais e maiores taxas de recarga. **Conclusão:** A intensificação do ciclo hidrológico na Amazônia Central tem promovido alterações significativas na dinâmica das águas subterrâneas. Os resultados demonstram que o Aquífero Alter do Chão apresenta elevada capacidade de armazenamento e resiliência frente às variações climáticas de curto prazo, embora eventos extremos prolongados possam comprometer temporariamente sua recuperação. águas subterrâneas; Amazônia; Aquífero Alter do Chão; ENOS; mudanças climáticas;

INTEGRAÇÃO DE DADOS OBSERVACIONAIS E MODELADOS PARA AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS AQUIFEROS AMAZONICOS A VARIABILIDADE HIDROCLIMATICA E EVENTOS EXTREMOS

DE BRITO, Alderlene Pimentel¹; DA SILVA, Márcio Luiz¹; WAHNFRIED, Ingo Daniel²; FERREIRA, Sávio José Filgueiras¹; DEHAINI, Jamile¹; DE OLIVEIRA, Laura Cristina Pereira¹; DE ABREU, Aretusa Centauro¹; BEZERRA, Josely de Macedo³; DE SOUZA, Thainá Ferreira³; FROZ, Antonia Maria Macario³;

(1) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Manaus - AM - Brasil; (2) Universidade Federal do Amazonas - Manaus - AM - Brasil; (3) Programa de Pós - Graduação em Geociências (UFAM) - Manaus - AM - Brasil;

Alderlene Pimentel de Brito (alderlenebrito@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas desempenham papel fundamental no abastecimento humano e na manutenção dos ecossistemas amazônicos, especialmente durante eventos hidrológicos extremos. A intensificação da variabilidade climática observada nas últimas décadas, marcada por secas severas e eventos associados ao El Niño–Oscilação Sul (ENOS), tem alterado a dinâmica hidrológica da região, tornando necessária a avaliação de seus efeitos sobre os aquíferos amazônicos. **Objetivos:** Avaliar a influência dos eventos climatológicos ocorridos entre 2010 e 2024 sobre a dinâmica das águas subterrâneas em diferentes regiões da Amazônia brasileira, identificando tendências temporais e relações com variáveis hidroclimáticas. **Método:** Foram analisadas séries temporais de níveis de águas subterrâneas de 14 poços da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS/SGB), distribuídos nos estados do Amazonas, Pará, Acre, Rondônia e Roraima. As análises foram integradas a dados observados e modelados de precipitação (ANA e CHIRPS), evapotranspiração (ERA5), níveis fluviométricos (ANA) e armazenamento subterrâneo estimado pelo GLDAS. A detecção de tendências foi realizada por meio do teste de Mann-Kendall, complementada pela análise da variabilidade climática e da ocorrência de eventos ENOS. **Resultados:** Os resultados evidenciaram alterações significativas na dinâmica das águas subterrâneas em diferentes áreas da Amazônia, com tendências de rebaixamento dos níveis freáticos em Rondônia e tendências de aumento dos níveis no Amazonas e Roraima. Acompanhando aumento da precipitação modelada e observada para o AM. As respostas dos aquíferos apresentaram forte variabilidade espacial, refletindo diferenças nas condições hidrogeológicas, da chuva e dos eventos climáticos. Os períodos associados ao ENOS coincidiram com reduções expressivas do armazenamento subterrâneo e prolongamento da recuperação dos níveis freáticos, indicando que eventos extremos afetam tanto a intensidade quanto a duração da resposta dos aquíferos. A comparação entre dados observados e modelados demonstrou boa capacidade dos produtos climáticos em representar as tendências regionais, embora diferenças locais evidenciem a importância do monitoramento in situ. **Conclusão:** Os eventos climatológicos ocorridos entre 2010 e 2024 influenciaram significativamente a dinâmica das águas subterrâneas na Amazônia brasileira, evidenciando maior vulnerabilidade dos aquíferos frente ao aumento da frequência e intensidade dos extremos climáticos. O monitoramento integrado de dados observados e modelados constitui uma ferramenta essencial para compreender os impactos das mudanças climáticas e subsidiar estratégias de gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos na região.

águas subterrâneas; Amazônia; Eventos extremos; monitoramento hidrogeológico; mudanças climáticas;

A CULTURA PERMANENTE DA AGUA NA VISAO DE VIKTOR SCHAUBERGER

FIGUEIRA, Luiz Felipe Vieira Pinto de Andrade¹;

(1) Instituto Milho Verde - Serro - MG - Brasil;

Luiz Felipe Vieira Pinto de Andrade Figueira (felipe.figueira.aguas@gmail.com)

Introdução A crescente ocorrência de secas, enchentes e redução da disponibilidade hídrica evidencia a necessidade de abordagens integradas para a conservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Este resumo apresenta uma síntese do artigo científico "A cultura permanente da água na visão de Viktor Schauburger", publicado na Revista Perma, cujas reflexões resultam da tradução, pesquisa e coordenação editorial da edição brasileira do livro A Inteligência das Águas – As Misteriosas Propriedades da Água Natural, de Viktor Schauburger (1885–1958). A obra antecipa princípios hoje reconhecidos na ecologia sistêmica, na permacultura e nas soluções baseadas na natureza. Como parte das ações de difusão do projeto, o lançamento brasileiro do livro ocorreu em 28 de maio de 2026, no Sesc São Paulo, com a mesa "A água e a confluência de seus fluxos com os fluxos da sociedade atual", reunindo Ailton Krenak e outros convidados para discutir o papel da água como elemento estruturador dos ecossistemas e das relações sociais. O projeto também promoveu um podcast em parceria com o Instituto Somos Água e uma palestra no Instituto Federal de São Paulo. Objetivos Discutir como os princípios apresentados por Viktor Schauburger dialogam com conhecimentos científicos contemporâneos sobre infiltração, recarga de aquíferos, dinâmica fluvial e regeneração do ciclo hidrológico, evidenciando sua contribuição para estratégias atuais de conservação das águas subterrâneas. Método Foi realizada uma análise integrativa da obra A Inteligência das Águas (The Water Wizard, no original em inglês), complementada pela tradução crítica para o português e pelo cotejamento com literatura científica recente sobre estrutura molecular da água, hidrodinâmica, ecologia de rios, hidrologia, infiltração, vegetação ripária e agricultura regenerativa. As reflexões também incorporam discussões desenvolvidas durante o processo editorial da edição brasileira e seu lançamento público. Resultados A análise evidencia convergências entre as observações empíricas de Schauburger e conhecimentos científicos atuais. Destacam-se a importância do fluxo helicoidal dos rios, da preservação da vegetação ciliar, dos gradientes de temperatura, da interação entre água, solo e biota e da infiltração como processos fundamentais para a manutenção da qualidade da água e da recarga subterrânea. O autor também antecipou críticas aos processos de retificação de rios, canalizações, desmatamento e simplificação da paisagem, práticas hoje reconhecidas por reduzir a infiltração, acelerar o escoamento superficial e comprometer a resiliência hidrológica das bacias. Esses princípios apresentam forte convergência com estratégias contemporâneas de restauração ecológica e soluções baseadas na natureza. Conclusão Embora parte da terminologia empregada por Viktor Schauburger pertença ao contexto científico de sua época, sua abordagem sistêmica permanece atual ao compreender a água como elemento organizador dos ecossistemas. As reflexões apresentadas em A Inteligência das Águas contribuem para ampliar o diálogo entre hidrogeologia, ecologia, permacultura e gestão integrada dos recursos hídricos, oferecendo uma perspectiva interdisciplinar capaz de inspirar novas estratégias para a proteção das águas subterrâneas, a regeneração do ciclo hidrológico e a adaptação às mudanças climáticas. águas subterrâneas; ciclo hidrológico; recarga de aquíferos; Soluções Baseadas na Natureza; Viktor Schauburger;

RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E NÍVEL PIEZOMETRICO EM AQUIFERO ALUVIONAR COM BARRAGEM SUBTERRANEA NO ALTO RIO CAPIBARIBE

SOARES, Bruna Marques¹; CIRILO, José Almir¹; PAIVA, Anderson Luiz Ribeiro de¹; SANTANA, Alexandre Carlos Araujo¹; BEZERRA, Gabriel Everton Marinho Neves¹; VASCONCELOS, Rochele Sheila²; CAETANO, Tiago Oliveira¹;

(1) Universidade Federal de Pernambuco - RECIFE - PE - Brasil; (2) Universidade Estadual de Santa Cruz - RECIFE - PE - Brasil;

Bruna Marques Soares (bms.eng.23@gmail.com)

Introdução: Aquíferos aluvionares rasos constituem reservas estratégicas para o abastecimento rural no semiárido, sobretudo em vales de rios intermitentes, marcados por elevada variabilidade pluviométrica e forte dependência de poços rasos. Barragens subterrâneas têm sido empregadas como tecnologia de retenção subsuperficial, pois retardam o fluxo, elevam o nível freático a montante e ampliam o armazenamento no próprio depósito aluvionar (Costa; Cirilo, 2011; Rodrigues, 2010; Silva et al., 2021a). Sua avaliação, contudo, ainda requer evidências de monitoramento piezométrico sistemático capazes de demonstrar como os níveis d'água respondem à precipitação ao longo do tempo após a intervenção. **Objetivos:** Analisar a relação temporal entre precipitação e nível piezométrico em um aquífero aluvionar do Alto Rio Capibaribe, em Santa Cruz do Capibaribe (PE), avaliando a influência de uma barragem subterrânea experimental sobre a dinâmica temporal do armazenamento hídrico. **Método:** Monitoraram-se quatro poços rasos (PM1 a PM4) distribuídos ao longo do trecho aluvionar, do ponto mais próximo ao barramento (PM1) ao mais distante (PM4). A barragem foi implantada em 07 de maio de 2022, com septo impermeável em manta de PEBD de 200 micras, disposto transversalmente ao fluxo, com 73 m de extensão e profundidade máxima escavada de 3,50 m, até o embasamento cristalino. Utilizaram-se registros de nível obtidos por dataloggers, medições manuais de aferição e dados pluviométricos da estação local, no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2024. A análise consistiu na comparação temporal entre precipitação e flutuação piezométrica, na avaliação individual da resposta de cada poço e na identificação da redução da amplitude de rebaixamento após a intervenção. **Resultados:** Os níveis freáticos responderam de forma rápida e expressiva aos eventos pluviométricos intensos, como os de março de 2023 e fevereiro de 2024, com elevações abruptas da superfície piezométrica compatíveis com a natureza rasa e arenosa do depósito. Nos meses secos, observou-se rebaixamento progressivo, evidenciando a dependência do sistema em relação aos aportes pluviométricos. Após a implantação da barragem, os poços a montante passaram a apresentar menor amplitude de rebaixamento e maior permanência da água na zona saturada. PM1 e PM4 exibiram os efeitos mais evidentes da intervenção, com elevação das cargas e prolongamento da saturação; PM1, próximo ao septo, chegou a formar área úmida persistente a montante. PM2 respondeu inicialmente às chuvas, mas teve a série comprometida por assoreamento, e PM3, situado no leito do rio, manteve nível quase constante, condicionado pela dinâmica do canal. **Conclusão:** A barragem subterrânea modulou a dinâmica temporal do armazenamento no aquífero aluvionar, prolongando o tempo de permanência da água na zona saturada e reduzindo o rebaixamento subsequente ao período chuvoso, sobretudo nas proximidades do septo impermeável. As discontinuidades das séries e o número de pontos monitorados limitam inferências causais em poços mais afastados, o que reforça a necessidade de monitoramento contínuo, de proteção física dos poços e da integração futura com análises de qualidade da água para subsidiar a replicação segura dessa tecnologia no semiárido. aquífero aluvionar; barragem subterrânea; monitoramento piezométrico; Recarga; semiárido;

SSD-BALANÇO HÍDRICO: PLATAFORMA DIGITAL PARA ANÁLISE INTEGRADA DA OUTORGA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

BONNECARRÈRE, Joaquin¹; LIAZI, Alexandre²; SCHARDONG, André¹; DA SILVA, Carla V. F.¹; OLIVEIRA, Cristiano¹; TERCINI, João R. B.³; CAMPOS, José Eduardo²; SIMONATO, Mateus D¹; GONSALEZ, Veronica Lima¹;

(1) Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LabSid), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil; (2) SP Águas - Agência de Águas do Estado de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil; (3) Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - São Paulo - SP - Brasil;

Joaquin Bonnecarrère (joaquinbonne@usp.br)

Introdução: A análise de outorga de direito de uso da água no Estado de São Paulo considera a avaliação conjunta das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas com base no ciclo hidrológico. O SSD-Balanço Hídrico Web, plataforma digital de suporte à decisão desenvolvida em 2017 para a análise de outorgas, passou por ampla atualização (2023–2025) em parceria entre a SP-Águas e a FDTE/LabSid-USP, incorporando módulo inédito de balanço hídrico integrado entre águas superficiais e subterrâneas. **Objetivos:** Apresentar a concepção, o desenvolvimento e os resultados da atualização da plataforma, com ênfase no módulo de pré-processamento da disponibilidade hídrica total superficial e subterrânea e no modelo de cálculo do balanço integrado a partir da demanda por captações e dos lançamentos, aplicado à análise de outorga. **Método:** A componente subterrânea foi estruturada a partir dos sistemas aquíferos paulistas (Bauru, Guarani, Taubaté, São Paulo, Tubarão, Serra Geral, Furnas, Litorâneo e Cristalino), do cadastro de captações e lançamentos do Sistema de Outorga Eletrônico (SOE) e de parâmetros hidráulicos levantados em revisão bibliográfica. A metodologia é fundamentada na interação rio-aquífero, com o escoamento de base estimado a partir da Q95, calculada pelo método da regionalização de vazões médias e mínimas para o Estado de São Paulo (Liazi et al., 1988). A vazão é compartilhada pelos usos consuntivos superficiais e subterrâneos na mesma unidade hidrográfica de referência (ottobacia, SubUGRHI e UGRHI), possibilitando, ainda, estabelecer a taxa de interferência das captações subterrâneas no corpo hídrico superficial, bem como a fração de captação entre a reserva ativa e a permanente. A plataforma foi modernizada com nova API de mapas, atualização do banco de dados e das bibliotecas de software e novo Relatório Técnico de Outorga Integrada (RTOI), que reúne indicadores por ottobacia, análise geoespacial de usos concorrentes no raio de influência, estratigrafia e produtividade esperada dos aquíferos, interação com os usos superficiais, alertas e checklist do analista. **Resultados:** O balanço integrado por microbacia entre captações superficiais e subterrâneas e seus respectivos lançamentos produz estimativas de comprometimento da disponibilidade hídrica. No diagnóstico hidrogeológico realizado em São José do Rio Preto (Aquífero Bauru), a bacia de classe 6 (738,9 km²; 1.521 usos, 95% subterrâneos) apresentou estimativas de disponibilidade hídrica significativamente distintas daquelas obtidas para a microbacia urbana adensada, evidenciando a influência do tipo de uso e ocupação do solo e da escala de análise sobre os resultados. A plataforma entrou em operação assistida em 2025, com ambiente de capacitação (Playground), webinar com 166 participantes e 175 projetos de simulação criados entre junho e novembro de 2025 pelos técnicos das diretorias regionais. **Conclusão:** O SSD-BH consolida-se como plataforma digital de gestão hídrica que integra grandes bases de dados hidrológicos e hidrogeológicos, automatiza pareceres técnicos e qualifica a decisão sobre outorgas conjuntas de águas superficiais e subterrâneas. águas subterrâneas; balanço hídrico integrado; Outorga; plataforma digital; sistema de suporte a decisões;

ASSINATURAS HIDROQUIMICAS DE CONTAMINAÇÃO ANTROPICA EM AGUAS SUBTERRANEAS UTILIZADAS PARA ABASTECIMENTO HUMANO EM MANACAPURU, AMAZONAS

SILVA, MÁRCIO LUIZ¹; FERREIRA, SÁVIO JOSÉ FILGUEIRAS¹; DEHAINI, JAMILE²; BRITO, ALDERLENE PIMENTEL¹; MOTA, FABIANO LOPES³; CHAVES, JOSÉ EDIVALDO¹; OLIVEIRA, LAURA CRISTINA PEREIRA¹; ABREU, ARETUSA CETAURO¹; COSTA, JOSUÉ SILVA⁴;

(1) INPA - MANAUS - AM - Brasil; (2) UEA - MANAUS - AM - Brasil; (3) INPA - MANACAPURU - AM - Brasil; (4) SEMMAS - MANAUS - AM - Brasil;

MÁRCIO LUIZ SILVA (marciols44@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas constituem importante fonte de abastecimento humano na Amazônia. Em municípios com crescimento urbano acelerado e infraestrutura sanitária limitada, os aquíferos tornam-se mais vulneráveis à contaminação. Entre os principais indicadores de influência antrópica destacam-se nitrato, cloreto e condutividade elétrica, parâmetros amplamente utilizados na avaliação da qualidade da água subterrânea. A identificação desses processos é fundamental para a proteção dos recursos hídricos e o planejamento do abastecimento público. **Objetivos:** Avaliar evidências de influência antrópica na qualidade das águas subterrâneas utilizadas para abastecimento humano no município de Manacapuru, Amazonas, por meio de indicadores hidroquímicos associados à contaminação urbana. **Método:** Foram analisados dados de oito campanhas de amostragem realizadas em poços tubulares utilizados para abastecimento humano. Foram determinados pH, condutividade elétrica, nitrato, cloreto, sódio, manganês e ferro dissolvido. A interpretação dos resultados foi baseada em estatística descritiva, correlação de Pearson e avaliação integrada dos padrões hidrogeoquímicos observados. **Resultados:** Os resultados evidenciaram elevada variabilidade hidroquímica entre os poços avaliados. O poço Fabiano apresentou concentração de nitrato de 65,15 mg/L, associada a pH ácido (4,89) e ferro dissolvido de 0,93 mg/L, indicando possível influência de efluentes domésticos e deficiência sanitária local. A análise estatística revelou forte correlação entre nitrato e condutividade elétrica ($r = +0,79$), nitrato e cloreto ($r = +0,76$) e entre sódio e cloreto ($r = +0,88$), sugerindo enriquecimento por compostos dissolvidos de origem antrópica. O poço Frigorífico apresentou maior concentração de manganês (0,1665 mg/L) e maior mineralização relativa. Em contraste, os poços Caviana, Castanheira e Canaã apresentaram baixos teores de nitrato e reduzida mineralização. Os resultados permitiram distinguir dois grupos hidrogeoquímicos: um de características predominantemente naturais e outro com evidências de influência antrópica, marcado pelo aumento de nitrato, cloreto e condutividade elétrica. **Conclusão:** Parte das águas subterrâneas utilizadas para abastecimento humano em Manacapuru apresenta sinais consistentes de influência antrópica. O enriquecimento em nitrato, associado ao aumento da condutividade elétrica e do cloreto, constitui importante indicador de degradação da qualidade da água. Os resultados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo, proteção sanitária dos poços e ampliação das ações de saneamento básico, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos e para a segurança hídrica da população.

hidrogeoquímica; Nitrato; Qualidade da água; Saneamento básico; Vulnerabilidade aquífera;

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO NA DEFINIÇÃO DA REDE NACIONAL DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA DO REINO DA ARÁBIA SAUDITA

ALBUQUERQUE, Rafael Cavalcante¹; COSTA, Eduardo dos Santos¹; MORTATI, Bruno¹; PRADO, Mauro²; DEBEBE, Chalew³; SILVA, Danilo³; SANTORO, Ana Carolina²;

(1) Water Services and Technologies - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) Water Services and Technologies - São Paulo - SP - Brasil; (3) Water Services and Technologies - Florianópolis - SC - Brasil;

Rafael Cavalcante Albuquerque (rafael.albuquerque@waterservicestech.com)

Introdução: O Reino da Arábia Saudita enfrenta desafios crescentes na gestão de seus recursos hídricos, agravados pela aridez climática, pela expansão urbana, industrial e agrícola e pela dependência histórica de aquíferos não renováveis. Para responder a esse cenário, o National Center for Environmental Compliance (NCEC) conduziu, em parceria com a Water Services and Technologies, entre 2024 e 2025, a estruturação de um Programa Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água (NWQMP) para águas superficiais e subterrâneas, integrando bases históricas heterogêneas a ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. **Objetivos:** Propor uma rede nacional de monitoramento de longo e curto prazo, tecnicamente justificada, capaz de priorizar pontos amostrais segundo o risco de contaminação, o uso e ocupação do solo (LULC) e a disponibilidade real de acesso em campo, com parâmetros de qualidade definidos conforme os usos preponderantes da água. **Método:** Um banco de dados histórico multiagência (MEWA, SWCC, SIO, NWC, SGS) foi saneado, com reclassificação de aquíferos em seis sistemas maiores e exclusão de pontos sem dados químicos válidos (nitrato e/ou salinidade). Em ambiente SIG, filtragem via SQL e scripts em Python identificou-se excedências de Contaminantes de Interesse (CoCs) e gerou-se buffers de 25, 10 e 5 km ao redor de pontos não conformes. A seleção final foi cruzada com camadas de uso e ocupação do solo (LULC, 9 categorias no Nível 1 e 28 subcategorias no Nível 2), priorizando locais próximos a áreas agrícolas, industriais, urbanas e corpos d'água (wadis/reservatórios), de modo a capturar as principais pressões antrópicas sobre cada aquífero e bacia. Os parâmetros de monitoramento (CoCs, incluindo arsênio, cromo, chumbo, níquel, flúor, nitrato-N e E. coli) foram definidos conforme o uso da água (consumo humano, irrigação, dessedentação, industrial) e comparados a limites da MEWA, FAO e OMS. Quando pontos de monitoramento inicialmente selecionados estavam indisponíveis, secos ou inacessíveis, análises semanais de imagens de satélite confirmaram a condição de lagos, reservatórios e poços; nesses casos, pontos substitutos foram buscados dentro da mesma zona (buffer), preservando a representatividade espacial e do sistema aquífero/LULC original. A base validada foi centralizada no software de gerenciamento de dados Hydro GeoAnalyst (HGA) e disponibilizada em dashboards utilizando Power BI. **Resultados:** A análise da zona (buffer) de 25 km identificou 6.940 hotspots de contaminação subterrânea, refinados para 1.339 (buffer de 10 km) e 1.200 pontos (buffer de 5 km) na rede de monitoramento de longo prazo, e 1.381 locais na rede subterrânea de curto prazo (379 pontos sobrepostos entre redes). Para águas superficiais, a rede de curto prazo totalizou 317 pontos, concentrados na Província Oriental. **Conclusão:** A combinação entre saneamento de dados históricos, geoprocessamento orientado por LULC, definição de parâmetros por uso da água e verificação remota semanal da viabilidade de amostragem dos pontos permitiu construir uma rede de monitoramento espacialmente otimizada, resiliente a indisponibilidades de campo e replicável em outros contextos áridos.

Escassez hídrica; Geoprocessamento; Monitoramento da qualidade da água; sensoriamento remoto; uso e ocupação do solo;

OCORRENCIA DE COMPOSTOS PER E POLI-FLUORALQUILADOS (PFAS) E DEMAIS CONTAMINANTES EMERGENTES (CE) EM AGUA SUBTERRANEA DA AREA URBANA (NAO INDUSTRIAL) NA CIDADE DE SAO PAULO/BR

SOARES, Aluisio¹; BERTOLO, Reginaldo Antonio²; DIAS, Mariana Amaral³; FREGONA, Luiz Guilherme Gomes²; ROMERO, José Miguel Diaz³; VILLA, Javier Erick Lobatón³; MONTAGNER, Cassiana Carolina³; (1) EVA Way Projetos Ambientais - São Paulo - SP - Brasil; (2) USP - Instituto de Geociências - São Paulo - SP - Brasil; (3) Unicamp – Instituto de Química - Campinas - SP - Brasil;

Aluisio Soares (aluisio.soares@evaway.com.br)

Introdução: O aumento na demanda por produtos de consumo tem introduzido continuamente substâncias conhecidas como contaminantes emergentes (CE) no meio ambiente, representando riscos potenciais à saúde pública e aos ecossistemas. Dentre os CE, destacam-se os fármacos e hormônios, pesticidas, além dos industriais, incluindo as substâncias Per e Polifluoroalquiladas (PFAS) que, especificamente, geram grande preocupação devido à sua persistência ambiental, toxicidade e potencial de bioacumulação. Em áreas urbanas densamente urbanizadas, não industriais e com infraestrutura antiga, vazamentos nas redes coletoras de efluente doméstico constituem uma fonte difusa potencial de contaminação para os aquíferos rasos, os quais podem, eventualmente, comprometer as zonas mais profundas utilizadas para abastecimento público. **Objetivos:** Avaliar a ocorrência, a distribuição sazonal e os perfis de concentração de PFAS e outros contaminantes emergentes (fármacos e hormônios, pesticidas e industriais) na água subterrânea, proveniente do aquífero freático raso na cidade de São Paulo, em bairros não industriais e antigos, correlacionando sua presença com indicadores de contaminação por efluente doméstico (série nitrogenada). **Material e Métodos:** Foram coletadas amostras de água subterrânea na cidade de São Paulo, em bairros antigos e não industriais, com maior probabilidade de vazamentos na rede coletora de efluente doméstico. Foram realizadas três campanhas para coleta das amostras, sendo a primeira utilizada como screening para a análise somente da série nitrogenada (n=31). As duas campanhas subsequentes quantificaram PFAS e demais CE durante os períodos de maior (cheia) e menor (seca) pluviosidade (n=20 por campanha). As amostras originaram-se de poços de monitoramento e de sistemas de rebaixamento de lençol freático. A quantificação dos PFAS seguiu o Método USEPA 537.1 via SPE e UPLC-MS/MS, enquanto os demais CE foram quantificados por SPE e LC-MS/MS. Análises estatísticas multivariadas (PCA e SOM) foram aplicadas para interpretação dos dados. **Resultados:** Os PFAS foram amplamente detectados, estando presentes em 83% das amostras. As concentrações totais variaram de 4,8 a 45,7 ng/L, com maior prevalência e maiores níveis para o PFOS e o PFOA. Adicionalmente, foram quantificados pesticidas (1,1 a 736 ng/L), fármacos como cafeína e paracetamol (2,9 a 5 ng/L) e bisfenol A (14,1 a 314 ng/L). Correlações positivas entre as maiores concentrações de contaminantes, nitrato e NTK foram observadas principalmente no período seco, indicando que a menor recarga do aquífero reduz a diluição dos efluentes domésticos provenientes de vazamentos da rede coletora de esgoto. **Conclusão:** O estudo fornece uma primeira evidência sistemática da presença generalizada de PFAS e outros CE no aquífero freático raso na cidade de São Paulo. Os resultados confirmam que o efluente doméstico atua como uma importante fonte difusa dessas substâncias, alertando para a vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos. Evidencia-se a necessidade de monitoramento contínuo para uma melhor compreensão da dinâmica dessas substâncias na água subterrânea, uma vez que suas características toxicológicas representam potenciais impactos à saúde pública caso venham a afetar captações destinadas ao abastecimento público.

água subterrânea; Contaminação; Contaminantes emergentes; Efluente Doméstico; PFAS;

CONTROLE REDOX DA MOBILIDADE DE FERRO EM AGUAS SUBTERRANEAS DO SISTEMA AQUIFERO ALTER DO CHAO EM MANACAPURU, AMAZONAS

SILVA, MÁRCIO LUIZ¹; FERREIRA, SÁVIO JOSÉ FILGUEIRAS¹; DEHAINI, JAMILE²; BRITO, ALDERLENE PIMENTEL¹; CHAVES, JOSÉ EDIVALDO³; MOTA, FABIANO LOPES³; OLIVEIRA, LAURA CRISTINA PEREIRA¹; ABREU, ARETUSA CETAURO¹;

(1) INPA - MANAUS - AM - Brasil; (2) UEA - MANAUS - AM - Brasil; (3) INPA - MANACAPURU - AM - Brasil;

MÁRCIO LUIZ SILVA (marciols44@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas representam importante fonte de abastecimento humano na Amazônia, especialmente em municípios onde a expansão urbana ocorre mais rapidamente que a infraestrutura de saneamento. Entre os principais problemas de qualidade da água destaca-se a presença de ferro dissolvido, cuja mobilidade depende das condições hidrogeoquímicas do aquífero, particularmente do potencial de oxirredução (ORP), do pH e das interações água-rocha. Apesar da importância do Sistema Aquífero Alter do Chão para o abastecimento regional, os mecanismos que controlam a ocorrência natural de ferro ainda são pouco compreendidos em escala local. **Objetivos:** Avaliar a influência das condições redox sobre a mobilidade do ferro em águas subterrâneas exploradas no município de Manacapuru, Amazonas. **Método:** Foram analisados dados hidrogeoquímicos obtidos em oito campanhas de amostragem realizadas em seis poços tubulares. Determinaram-se pH, potencial de oxirredução (ORP), condutividade elétrica, bicarbonato e concentrações de ferro dissolvido. A interpretação dos dados foi realizada por meio de estatística descritiva e análise de correlação entre as variáveis hidrogeoquímicas. **Resultados:** Os valores de ORP variaram entre 63 e 332 mV, evidenciando elevada heterogeneidade geoquímica entre os poços avaliados. As maiores concentrações de ferro dissolvido ocorreram em ambientes com menores potenciais redox. O poço Ubim apresentou ORP entre 63 e 114 mV e concentração máxima de ferro de 1,74 mg/L, caracterizando ambiente subóxico a moderadamente redutor, favorável à estabilidade do Fe^{2+} em solução. Em contraste, o poço Caviana apresentou ORP de 307 mV e concentração de ferro de apenas 0,001 mg/L, representando ambiente oxidante, onde o ferro tende a precipitar como óxidos e hidróxidos férricos. O poço Vila do Jacaré apresentou comportamento intermediário, sugerindo zona de transição hidrogeoquímica. A análise estatística revelou forte correlação negativa entre ORP e ferro dissolvido ($r = -0,84$), confirmando o papel das condições redox na mobilidade do metal. Os resultados permitiram distinguir águas oxidantes com baixos teores de ferro e águas redutoras naturalmente enriquecidas nesse elemento. **Conclusão:** A mobilidade do ferro nas águas subterrâneas de Manacapuru é controlada predominantemente pelas condições redox do Sistema Aquífero Alter do Chão. Ambientes com menor potencial de oxirredução favorecem a permanência do ferro dissolvido em solução, enquanto condições oxidantes promovem sua precipitação. Os resultados demonstram que a ocorrência de ferro elevado em determinados poços possui origem natural e está associada à evolução hidrogeoquímica do aquífero. O estudo contribui para o entendimento dos processos que controlam a qualidade das águas subterrâneas amazônicas e fornece subsídios para a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

Ferro dissolvido; hidrogeologia; hidrogeoquímica; Potencial redox; recursos hídricos;

PRODUÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA CONSUMO HUMANO EM COMUNIDADES RURAIS DE MANACAPURU, AMAZONAS: DESEMPENHO OPERACIONAL DE POÇOS TUBULARES COMUNITARIOS

SILVA, Márcio LUIZ¹; FERREIRA, Sávio JOSÉ FILGUEIRAS²; DEHAINI, Jamile³; MOTA, Fabiano LOPES⁴; BRITO, ALDERLENE PIMENTEL⁵;

(1) inpa - manaus - AM - Brasil; (2) INPA - manaus - AM - Brasil; (3) UEA - Manaus - AM - Brasil; (4) INPA - MANACAPURU - AM - Brasil; (5) INPA - MANAUS - AM - Brasil;

Márcio LUIZ SILVA (marciols44@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas constituem a principal fonte de abastecimento humano em muitas comunidades rurais da Amazônia, onde limitações de infraestrutura dificultam a implantação de sistemas convencionais de distribuição de água. Nesses locais, os poços tubulares representam alternativa importante para garantia da segurança hídrica. Apesar de sua ampla utilização, ainda são escassos estudos sobre o desempenho operacional desses sistemas em condições reais de funcionamento. **Objetivos:** Avaliar a produção de água subterrânea destinada ao consumo humano e o desempenho operacional de poços tubulares comunitários implantados em comunidades rurais do município de Manacapuru, Amazonas. **Método:** O estudo foi realizado no âmbito do Projeto Manacapuru – Disponibilidade e Gestão Sustentável da Água para Consumo Humano, contemplando seis sistemas comunitários localizados nas comunidades Ubim, Castanheira, Manacá, Caviana, Jacaré e Canaã. Os poços apresentam profundidades entre 45 e 75 m, diâmetros de 4 e 6 polegadas e conjuntos motobomba com potência entre 1,5 e 10 CV. Todos os sistemas foram equipados com hidrômetros instalados nas linhas de recalque, permitindo o monitoramento contínuo da produção entre outubro de 2025 e julho de 2026. Os volumes produzidos foram obtidos por leituras periódicas dos hidrômetros e utilizados na avaliação do desempenho operacional dos sistemas. **Resultados:** Os sistemas apresentaram elevada capacidade de produção, totalizando volume superior a 300 milhões de litros de água durante o período avaliado. Os maiores volumes foram registrados nas comunidades Jacaré, Manacá e Castanheira, associadas a poços de 6 polegadas e maior potência instalada. Os poços de Ubim e Canaã, embora mais profundos, apresentaram menores volumes produzidos. Os resultados indicam que a produtividade não depende exclusivamente da profundidade dos poços, sendo influenciada também pelo diâmetro, capacidade de bombeamento e condições hidrogeológicas locais. O monitoramento por hidrômetros permitiu identificar diferenças operacionais significativas entre os sistemas avaliados. **Conclusão:** Os poços tubulares comunitários implantados em Manacapuru apresentaram elevado desempenho operacional e importante contribuição para o abastecimento humano das comunidades rurais estudadas. Os resultados reforçam a relevância das águas subterrâneas para a segurança hídrica local e demonstram que sistemas adequadamente dimensionados podem fornecer volumes expressivos de água para consumo humano. O monitoramento contínuo mostrou-se uma ferramenta eficiente para gestão e planejamento sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

aquíferos; Desenvolvimento sustentável; Gestão da água; Infraestrutura hídrica; Produção hídrica;

RELAÇÃO ENTRE INCIDENCIA DE DOENÇAS DIARREICAS E SAZONALIDADE DO RIO NEGRO E DAS AGUAS SUBTERRANEAS EM BARCELOS/AM

*BEZERRA, Josely de Macedo¹; DE BRITO, Alderlene Pimentel²; WAHNFRIED, Ingo Daniel³; FERREIRA, Sávio José Filgueira²; FONSECA, Paula Andrea Morelli⁴; FONSECA, Johanna Gadelha²;
(1) Universidade Federal do Amazonas/ UFAM - Manaus - AM - Brasil; (2) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/ INPA - Manaus - AM - Brasil; (3) Universidade Federal do Amazonas - Manaus - AM - Brasil; (4) ILMD/ FioCruz Amazônia - Manaus - AM - Brasil;*

Josely de Macedo Bezerra (joselydemacedo@gmail.com)

Introdução: As doenças diarreicas agudas (DDA) são uma das principais causas de mortalidade e desnutrição infantil. No Brasil, a região Norte apresenta o menor percentual de domicílios abastecidos por rede geral (59,8%). Sendo a qualidade microbiológica da água determinante para a saúde pública, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água proveniente de poços de abastecimento na área urbana de Barcelos/AM. **Metodologia:** dados fluviométricos foram obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA), enquanto o nível de água subterrânea foi monitorado por seis meses (junho-novembro/2025) em três piezômetros e três poços em Barcelos/AM. Realizaram-se análises bacteriológicas no laboratório de hidroquímica do INPA via filtração por membrana em meio Chromocult (APHA, 2017) para identificar coliformes totais e *Escherichia coli*. Os dados epidemiológicos de DDA (2019–2024) foram extraídos do SIVEP-DDA/DATASUS e cruzados com a sazonalidade hídrica local. **Resultados:** A análise integrada evidenciou forte relação entre a dinâmica do rio Negro, a qualidade da água e a ocorrência de DDA. Barcelos apresenta um quadro endêmico, com 16.746 notificações no período avaliado. Apenas em 2024, houve 3.805 casos, destacando-se a vulnerabilidade infantil: 46% das ocorrências afetaram crianças de 0 a 4 anos. Historicamente, os picos de DDA coincidem com o período de cheia do rio Negro (maio a julho). As análises bacteriológicas confirmaram esse cenário de deterioração nos períodos de inundação, apresentando crescimento incontável (TNTC) para coliformes totais na maioria das amostras, além da detecção de *E. coli* e flora atípica em pontos específicos, indicando elevada carga microbiológica. **Conclusões:** O sistema de abastecimento de Barcelos opera em desconformidade com a Portaria GM/MS nº 888/2021. É urgente a implantação de um sistema de cloração em todos os poços e intervenções sanitárias nos perímetros de proteção das captações (normas ABNT NBR 12.212/2017 e 12.244/1992). A alta prevalência de DDA em crianças menores de 5 anos configura grave vulnerabilidade ambiental. A vigilância em saúde deve integrar o monitoramento hidrogeológico contínuo para antecipar riscos durante extremos climáticos, fortalecendo políticas públicas de saneamento e educação sanitária. águas subterrâneas; Barcelos (AM); Poços de abastecimento públicos; rio Negro; saneamento urbano;

COMPARTIMENTAÇÃO HIDROGEOLOGICA EM MEIO SEDIMENTAR E SUAS IMPLICAÇÕES NO GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

*VENCIGUERRA, Lucas Souza¹; SAKAMOTO, Nathália Toshie¹; VIEIRA, Vinicius Soares¹;
(1) Kopf Ambiental - Santo André - SP - Brasil;*

Vinicius Soares Vieira (vinicius.vieira@kopf.eng.br)

Introdução: O gerenciamento de áreas contaminadas frequentemente é conduzido a partir de modelos conceituais hidrogeológicos simplificados, assumindo por vezes a ocorrência de aquíferos freáticos contínuos e homogêneos. Entretanto, essa simplificação pode resultar em interpretações inadequadas sobre fluxo subterrâneo, distribuição de plumas de contaminação e mecanismos de transporte de contaminantes, comprometendo sucessivas etapas do gerenciamento ambiental. O estudo foi desenvolvido em um posto revendedor de combustíveis localizado em Santa Bárbara d'Oeste (SP), inserido em contexto geológico de solos residuais e rochas sedimentares do Grupo Itararé e Formação Tatuí, pertencentes ao Sistema Aquífero Tubarão. A área permaneceu em gerenciamento ambiental desde 1999 sob um modelo conceitual hidrogeológico baseado na existência de um único aquífero granular contínuo, posteriormente reavaliado neste estudo. **Objetivos:** Demonstrar como a simplificação do modelo conceitual hidrogeológico pode conduzir a interpretações inadequadas no gerenciamento de áreas contaminadas, destacando a importância do reconhecimento detalhado do meio físico para compreensão do transporte de contaminantes. **Método:** O estudo baseou-se na reinterpretação integrada dos dados obtidos ao longo das etapas de gerenciamento da área contaminada, com ênfase nas informações geológicas, hidrogeológicas e hidroestratigráficas provenientes de sondagens ambientais e poços de monitoramento. **Resultados:** Os resultados demonstraram que o meio físico local não apresenta aquífero freático contínuo em superfície, mas sim um aquífero granular suspenso descontínuo, condicionado pela presença de horizontes sedimentares de baixa permeabilidade associados ao Grupo Itararé e Formação Tatuí, posicionados em média a 5 m de profundidade. Em profundidades superiores a 10 m foi identificada unidade hidrogeológica distinta, caracterizada como aquífero granular rochoso contínuo. Os compartimentos apresentam níveis potenciométricos e direções de fluxo distintos, cuja compartimentação não havia sido reconhecida nas investigações anteriores. A reinterpretação hidrogeológica permitiu compreender que as contaminações identificadas na área estavam restritas ao aquífero suspenso e associadas a fontes secundárias pontuais vinculadas às operações históricas do empreendimento. O novo modelo conceitual indicou ausência de conectividade hidráulica significativa entre os compartimentos hidrogeológicos, permitindo redefinir o comportamento das plumas, restringir horizontal e verticalmente as áreas impactadas e subsidiar medidas de gerenciamento baseadas em controle institucional e monitoramento, sem necessidade de medidas de remediação. **Conclusão:** O estudo evidenciou que a simplificação do modelo conceitual hidrogeológico pode comprometer a interpretação do comportamento hidrogeológico local e o gerenciamento ambiental. A compartimentação hidroestratigráfica permitiu redefinir os mecanismos de fluxo subterrâneo e transporte de contaminantes, reduzindo incertezas na delimitação das plumas e na caracterização dos riscos associados, evidenciando a importância da elaboração de modelos conceituais compatíveis com a complexidade hidrogeológica local. aquífero suspenso; áreas contaminadas; modelo conceitual hidrogeológico;

COMPORTAMENTO PIEZOMETRICO E MODELO CONCEITUAL DE FLUXO SUBTERRANEO EM BARRAGEM DE REJEITOS NO QUADRILATERO FERRIFERO

*SOARES, CAROLINA COELHO¹; PIMENTA, CLAUDIA LOBATO¹;
(1) GEOCOBA - BELO HORIZONTE - MG - Brasil;*

CAROLINA COELHO SOARES (carolina.coelho.soares@gmail.com)

Introdução: Barragens de rejeitos no Quadrilátero Ferrífero (MG) situam-se sobre terrenos hidrogeologicamente complexos, onde a distribuição litológica e a estrutura geológica controlam a circulação da água subterrânea. Entender o comportamento dos piezômetros é necessário para a segurança geotécnica, sobretudo porque respostas rápidas e de grande amplitude a chuvas podem refletir deslocamento efetivo de água ou transmissão de carga hidráulica ao longo de zonas preferenciais. Tendo isto em vista, a integração entre geometria estrutural, distribuição litológica e monitoramento permite construir um modelo conceitual de fluxo capaz de subsidiar essa interpretação. **Objetivos:** Este estudo teve como objetivo investigar a provável contribuição de recarga de uma das ombreiras da estrutura para a resposta de piezômetros no talude de jusante de uma barragem de rejeitos e, a partir dessa integração, construir um modelo conceitual de fluxo subterrâneo. **Método:** A metodologia seguiu três etapas: análise das séries históricas de piezômetros, considerando tempo de resposta, amplitude, recorrência sazonal e coerência espacial entre instrumentos; integração desses dados a mapeamento geológico-estrutural de detalhe e a uma seção geológica extraída de modelo geológico tridimensional (Leapfrog) da área; e avaliação da coerência entre geometria estrutural, contrastes de permeabilidade entre litologias e resposta dos piezômetros, permitindo interpretar os prováveis caminhos preferenciais de fluxo entre a ombreira contribuidora e os pontos monitorados. **Resultados:** A análise indica que apenas uma das ombreiras apresenta atitude de camadas favorável à condução da recarga em direção ao vale e aos piezômetros analisados; a ombreira oposta, apesar de mergulho semelhante, ocupa posição geometricamente desfavorável a essa contribuição. Nessa ombreira, a intercalação de filito e quartzito e o mergulho elevado (cerca de 50°) favorecem a condução preferencial da recarga após sua entrada no sistema. O filito menos intemperizado apresenta menor condutividade hidráulica; o saprólito, mais heterogêneo, com descontinuidades e anisotropias herdadas do maciço, favorece localmente a percolação, compatível com fluxo condicionado por níveis de menor permeabilidade em trechos específicos. Ao longo dessas zonas, a carga hidráulica associada à recarga se transmite em direção ao fundo do vale, e as respostas rápidas dos piezômetros parecem refletir essa transmissão, não necessariamente o deslocamento imediato da água. O modelo reproduz de forma consistente o padrão sazonal observado. **Conclusão:** O modelo indica, sobretudo, que a resposta dos piezômetros é compatível com transmissão de carga hidráulica a partir de uma única ombreira estruturalmente favorável, e não com recarga local. Essa leitura depende da integração entre geometria estrutural, litologia, contrastes de permeabilidade e resposta dos instrumentos, e evidencia que barragens sobre terrenos complexos do Quadrilátero Ferrífero exigem considerar estrutura e litologia da fundação, não apenas a série temporal do piezômetro.

barragem de rejeitos; hidrogeologia; modelo conceitual de fluxo; Quadrilátero Ferrífero;

MAPEAMENTO DA RECARGA DO AQUIFERO CARSTICO NA REGIAO NORTE DE SETE LAGOAS (MG) PELO METODO APLIS

SOARES, Carolina COELHO¹; SCHUCH, CAMILA SANTOS²; ASSUNÇÃO, PEDRO²; GALVÃO, Paulo²; MAGNO, Rafael³; DE PAULA, Rodrigo Sérgio⁴;

(1) UFMG - Ouro Preto - MG - Brasil; (2) UFMG - BELO HORIZONTE - MG - Brasil; (3) UFMG - Belo horizonte - MG - Brasil; (4) UFMG - belo horizonte - MG - Brasil;

Carolina COELHO SOARES (carolina.coelhosoares@gmail.com)

Introdução: Terrenos cársticos dependem, em grande parte, da água subterrânea armazenada nesses sistemas para abastecimento urbano e industrial. Em Sete Lagoas (MG), a dependência quase exclusiva do Sistema Aquífero Cárstico Sete Lagoas (SACSL), associada a indícios de superexploração e à redução do espelho d'água de lagoas urbanas, reforça a necessidade de mapear espacialmente o potencial de recarga. Para isso, foi elaborado o mapeamento de recarga da porção norte do município, onde se concentra a maior parte da ocupação urbano-industrial. **Objetivos:** Este trabalho tem como objetivo mapear e quantificar o potencial de recarga do aquífero cárstico na região norte de Sete Lagoas, por meio do método paramétrico APLIS integrado a ambiente SIG. **Método:** O método APLIS atribui pesos a cinco parâmetros: altitude, declividade, litologia, feições cársticas que favorecem a infiltração e tipo de solo. Altitude e declividade foram obtidas por imagens de radar processadas em SIG; a litologia, por mapeamento geológico de detalhe; as feições cársticas, por dados da CPRM complementados por levantamento de campo; e o tipo de solo, a partir de mapa de uso e ocupação da área. Um fator de correção hidrogeológica diferenciou regiões aquíferas de regiões não aquíferas com base na litologia. Os mapas temáticos foram combinados em calculadora raster segundo a equação do método, e as taxas de recarga foram convertidas em volumes a partir da precipitação média anual da bacia. **Resultados:** A maior parte da área mapeada, 167,7 km², apresenta taxas de recarga muito baixas, com contribuições entre 2.199 e 10.992 m³/ano, atribuídas sobretudo à escassez de feições cársticas de infiltração; na porção oeste, esse padrão está associado a declividades elevadas que favorecem o escoamento superficial, e na porção sul, à impermeabilização do solo urbano. Taxas moderadas ocupam 28,9% da área (63,56 km²), concentradas em setores de baixa declividade sobre sedimentos inconsolidados mais permeáveis, onde lineamentos e falhas também favorecem a infiltração. Áreas de recarga alta somam 13% (22,43 km²), sob condições semelhantes de baixa declividade e litologia favorável. Uma pequena porção pontual (1,53 km², menos de 1% da área) apresenta recarga baixa, associada a uso do solo e condições geomorfológicas locais. Os volumes totais de recarga da região variam entre 22.149 e 41.049 m³/ano. **Conclusão:** O mapeamento evidencia forte controle conjunto da declividade, das feições cársticas de infiltração e do uso do solo sobre a distribuição espacial da recarga na região norte de Sete Lagoas, com contraste marcante entre os setores de baixa recarga, predominantes, e as áreas moderadas a altas, concentradas em zonas de menor declividade e maior permeabilidade. Esse zoneamento fornece subsídio direto à condicionante de outorga do município e evidencia a necessidade de monitoramento contínuo em um aquífero já sujeito a indícios de superexploração aquífero cárstico; Geoprocessamento; método APLIS; Recarga;

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E VULNERABILIDADE HIDROGEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO EM BARCELOS, AMAZONAS

BEZERRA, Josely de Macedo¹; DE BRITO, Alderlene Pimentel²; WAHNFRIED, Ingo Daniel³; FERREIRA, Sávio José Filgueira²; DA SILVA, Márcio Luiz²; FROZ, Antonia Maria Macário⁴;

(1) Universidade do Amazonas/ UFAM - Barcelos - AM - Brasil; (2) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/ INPA - Manaus - AM - Brasil; (3) Universidade Federal do Amazonas/ UFAM - Manaus - AM - Brasil; (4) Universidade do Amazonas/ UFAM - Manaus - AM - Brasil;

Josely de Macedo Bezerra (joselydemacedo@gmail.com)

Introdução: A região amazônica abriga vastas reservas hídricas, mas a ocupação urbana desordenada e o déficit em saneamento básico tornam as águas subterrâneas altamente vulneráveis à contaminação. No município de Barcelos (AM), a população depende substancialmente de poços públicos para o abastecimento diário. Nesse contexto, o presente estudo objetiva caracterizar a hidrogeoquímica dessas águas e avaliar a interação águas subterrâneas-superficiais. O foco central é identificar a presença de poluentes derivados de atividades antrópicas, subsidiando a gestão segura dos recursos hídricos e a proteção da saúde pública local. Metodologia: A pesquisa abrangeu uma malha de 16 pontos de amostragem na área urbana de Barcelos, com foco principal em 10 poços públicos de abastecimento (PC03 a PC05; PC07 a PC13), além de piezômetros e amostras do Rio Negro. As coletas foram realizadas em frascos de polietileno de 50 mL, previamente higienizados e numerados. As análises hidroquímicas foram conduzidas no Laboratório de Hidroquímica do INPA. Para a quantificação de cátions maiores e íons metálicos (Mn, Na, Cu, K, Mg, Ca, Zn, Fe) e ânions (Br^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}), utilizou-se espectrofotometria de absorção atômica com chama (Perkin Elmer 1100B). Cloreto, nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônio (NH_4^+) e nitrogênio total foram determinados por espectrofotometria UV/VIS (Shimadzu) acoplada a sistema FIA, em estrita conformidade com as diretrizes da APHA (2022). Resultados: as análises realizadas in situ e em laboratório mostraram que as temperaturas das águas, que variam entre 28,5°C e 29,8°C, apresentam um padrão hidrogeoquímico característico dos aquíferos da Formação Içá. As águas são ácidas, com pH entre 4,07 e 5,34, baixa mineralização e capacidade tampão reduzida, além de baixa condutividade elétrica. Essa acidez é natural, resultante da lixiviação de solos ricos em matéria orgânica. Os níveis de cátions, cloreto e sulfato se mantêm baixos, enquanto fluoreto, fosfato e brometo não foram detectados. Algumas amostras apresentaram ferro e manganês com origem geogênica. No entanto, foram identificadas áreas com contaminação antrópica, especialmente nos poços PC03, PC04 e PC07, onde os nitratos ultrapassaram os limites legais, indicando a infiltração de efluentes. O poço PC05 mostrou níveis elevados de amônio, sugerindo a entrada de matéria orgânica não tratada. Conclusão: O estudo indica que as águas subterrâneas de Barcelos, originalmente de boa qualidade devido à Formação Içá, enfrentam contaminação por compostos nitrogenados, como nitrato e amônio. Isso representa riscos à saúde, tornando essencial monitorar os poços e melhorar o saneamento básico para garantir a segurança hídrica do município.

águas subterrâneas; Barcelos (AM); hidrogeoquímica; rio Negro; segurança hídrica;

PROPOSTA DE REDE TELEMETRICA IOT INTEGRADA DE HIDROGEOLOGIA, HIDROLOGIA E CLIMA COM BANCO DE DADOS HIBRIDO PARA ORGAOS GESTORES

VIEIRA, Vinícius Mendonça¹;

(1) Oeste Geologia - Cuiabá - MT - Brasil;

Vinícius Mendonça Vieira (viniciusvieira.geologia@gmail.com)

Introdução: A governança de recursos hídricos exige monitoramento contínuo de bacias e aquíferos para mitigar conflitos pelo uso da água (Lopes, 2024). Redes telemétricas IoT ampliam a capacidade de fiscalização dos órgãos gestores (Silva, 2018) e comprovam aplicabilidade para modelar demandas hídricas e conter a intrusão salina (Azevedo et al., 2018). Contudo, as arquiteturas disponíveis carecem de integração com ferramentas de domínio público (Modflow 6, HEC-RAS) e ambientes geoespaciais de código aberto (QGIS), limitando a transformação de dados em inteligência, lacuna confirmada por revisões sistemáticas (Cohen-Manrique et al., 2025; Zulkifli et al., 2025). **Objetivos:** Propor uma infraestrutura telemétrica IoT integrada, de código aberto e interoperável, voltada ao monitoramento de bacias e aquíferos por órgãos públicos, acoplada a um banco de dados híbrido (PostgreSQL/PostGIS e MongoDB). Especificamente: (i) estabelecer integração bidirecional via conectores Python com Modflow 6 e HEC-RAS; (ii) habilitar interoperabilidade com plugins do QGIS (Midvatten, QSWAT+); (iii) demonstrar viabilidade por casos análogos consolidados na literatura. **Método:** O desenho de campo prevê piezômetros telemétricos, medidores ultrassônicos de vazão em poços outorgados, régua eletrônica com estações climáticas e sondas multiparâmetro (condutividade, pH, temperatura). A energia é suprida por painéis solares com controladores de carga e baterias de 12V. A comunicação é multiplicada: LoRa, Wi-Fi, celulares (3G/4G/5G/LTE) e satélites (Silva, 2018); aplicação com MQTT (Topanotti Júnior e Coral, 2020). A arquitetura na nuvem é híbrida: PostgreSQL/PostGIS armazena cadastros de outorgas e dados geoespaciais (Gilio e Oliveira, 2025), enquanto MongoDB gere séries temporais massivas. Conectores Python integram o banco ao Modflow 6 e HEC-RAS, automatizando a exportação de condições de contorno e reimportação de resultados. Plugins do QGIS espacializam as variáveis, e séries temporais alimentam modelos SARIMA para previsão sazonal (Duarte et al., 2025). **Resultados:** Casos análogos fundamentam a viabilidade da arquitetura. Telemetria IoT em poços do Recife identificou intrusão marinha em tempo real, permitindo ação preventiva (Azevedo et al., 2018). Na bacia do Rio Formoso (TO), o monitoramento revelou 45,5% de captações irregulares e 88% de outorgas com retiradas fora do período autorizado, sem dados em tempo real, irregularidades permanecem invisíveis até a exaustão (Lopes, 2024). A arquitetura híbrida PostgreSQL/MongoDB com MQTT foi validada para ingestão massiva (Topanotti Júnior e Coral, 2020), enquanto SARIMA demonstrou capacidade preditiva de consumo (Duarte et al., 2025). A latência entre aquisição e decisão é crítica: o monitoramento contínuo transforma a fiscalização de reativa em proativa. **Conclusão:** A rede telemétrica integrada a bancos abertos instrumentaliza os órgãos públicos para governança hídrica preditiva em escala de bacia. A originalidade reside na integração de componentes tratados isoladamente pela literatura, telemetria IoT, banco híbrido e modelagem numérica acoplada. A compatibilidade bidirecional com ferramentas de domínio público (Python, QGIS, Modflow 6, HEC-RAS) reduz a dependência de licenciamento comercial e fornece rastreabilidade para a sustentabilidade hídrica frente a extremos climáticos. Como limitação, destaca-se a necessidade de validação empírica em bacia piloto.

Banco de Dados Híbrido; HEC-RAS; Integração Python-QGIS; Modflow 6; Telemetria IoT;

ESTIMATIVA DE RECARGA EM AQUIFERO CARSTICO EM SETE LAGOAS

*SOARES, CAROLINA COELHO¹; GALVÃO, Paulo¹; SCHUCH, Camila Santos²; ASSUNÇÃO, Pedro²; MAGNO, Rafael²; DE PAULA, Rodrigo Sergio²;
(1) UFMG - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) UFMG - BELO HORIZONTE - MG - Brasil;*

CAROLINA COELHO SOARES (carolina.coelhosoares@gmail.com)

Introdução: Municípios inseridos em terrenos cársticos dependem, em grande parte, da água subterrânea armazenada nesses sistemas, marcados por alta heterogeneidade hidráulica e por dificuldades específicas de quantificação da recarga. Em Sete Lagoas (MG), o abastecimento urbano e industrial depende quase exclusivamente do Sistema Aquífero Cárstico Sete Lagoas (SACSL), inserido no Grupo Bambuí, cujos indícios de superexploração reforçam a necessidade de estimativas de recarga mais realistas. O método paramétrico APLIS é amplamente utilizado nesse contexto, mas sua aplicação usual trata a correção hidrogeológica de forma binária, atribuindo tratamento uniforme a toda uma camada sobrejacente ao aquífero, independentemente de sua variação interna de espessura ou de seu grau de compartimentação estrutural. No caso da região, a Formação Serra de Santa Helena, composta em geral por metapelitos, atua como barreira hidroestratigráfica e confinante, mas estudos anteriores indicam drenanças verticais descendentes e conexões hidráulicas em certos pontos com o SACSL. **Objetivos:** Revisar os critérios de correção hidrogeológica aplicados no método APLIS, de modo a representar a heterogeneidade da Formação Serra de Santa Helena como barreira hidroestratigráfica, a partir de sua espessura e de sua relação com estruturas locais, produzindo um zoneamento de recarga mais consistente com a compartimentação hidrogeológica da área. **Método:** A heterogeneidade da Formação Serra de Santa Helena é caracterizada a partir de perfis litoestratigráficos de poços tubulares e de modelo geológico tridimensional da área, integrados à distribuição de falhas e zonas de fratura mapeadas na região. Esses dados subsidiam a revisão dos critérios de correção hidrogeológica do método APLIS, de forma a diferenciar setores com maior e menor capacidade de barreira, sem replicar informações já representadas pelos parâmetros de litologia e de feições de infiltração do método original. Avalia-se, complementarmente, a integração dos resultados a um método multicritério de vulnerabilidade, como forma de checar a coerência espacial do zoneamento obtido. **Resultados:** A caracterização dessa heterogeneidade tende a reduzir o risco de subestimar a recarga em setores onde a Formação Serra de Santa Helena, embora presente, está afinada ou próxima a estruturas que comprometem sua função de barreira. Mapeamentos anteriores da região, ao tratar essa unidade de forma uniforme, atribuíam baixo potencial de recarga a toda a sua área de ocorrência. A revisão em curso deve, portanto, diferenciar dentro dessa área os setores efetivamente pouco permeáveis dos setores em que a heterogeneidade estrutural e estratigráfica favorece localmente a recarga, sem alterar a classificação onde a formação preserva espessura e continuidade típicas de barreira eficiente. **Conclusão:** A conclusão é que a heterogeneidade interna de unidades tratadas usualmente como barreiras hidroestratigráficas contínuas é um fator relevante para a estimativa de recarga em aquíferos cársticos. A incorporação dessa heterogeneidade ao método APLIS caminha para um zoneamento mais próximo da complexidade hidrogeológica local, com potencial de aplicação em outras áreas cársticas onde formações confinantes apresentem variabilidade semelhante.

aquífero cárstico; Grupo Bambuí; método APLIS; Recarga;

CARACTERIZAÇÃO ISOTÓPICA DE D₂H E D₁₈O DAS ÁGUAS DO DISTRITO DE TAMOIOS (CABO FRIO, RJ)

SABINO, Hullysses¹; MENEXES, Juliana Magalhães²; COSTA, Vladimir Eliodor³; SILVA JUNIOR, Gerson Cardoso¹;

(1) IGEO - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - RJ - Brasil; (2) Departamento de Análise Geoambiental - Universidade Federal Fluminense - Niterói - RJ - Brasil; (3) Centro de Isótopos Estáveis - Universidade Estadual Paulista - São Paulo - SP - Brasil;

Hullysses Sabino (hsabino@id.uff.br)

O distrito de Tamoios (Cabo Frio/RJ) apresenta clima semiárido e a litologia é predominantemente formada por depósitos arenosos fluviomarinhas. Há problemas no fornecimento de água potável a áreas periurbanas e em residências de famílias com baixa renda, que recorrem frequentemente a captação de água subterrânea em poços rasos. Assim, a mensuração da isotopia de diferentes massas de água objetivou analisar eventual conectividade hídrica entre os diversos reservatórios. Os dados de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ foram obtidos em 14 amostras extraídas de 10 poços, três obtidas em corpos d'água superficiais (rio São João, rio Una e cava inundada) e uma do oceano. As amostras de água subterrânea foram obtidas em abril e as demais em setembro de 2019. O Centro de Isótopos Estáveis da Unesp foi responsável pela análise isotópica. As amostras de água subterrânea tiveram a média de $\delta^{18}\text{O}$ de $-4,13\text{‰}$ e de $\delta^2\text{H}$ de $-20,54\text{‰}$, compatível com recarga meteórica e rápida recarga na área do estudo. Enquanto que as amostras de água superficial registraram média de $\delta^{18}\text{O}$ de $-3,66\text{‰}$ e $\delta^2\text{H}$ de $-11,78\text{‰}$ sendo, portanto, menos depletadas do que a água subterrânea. A água do mar apresentou $\delta^{18}\text{O}$ de $-2,6\text{‰}$ e $\delta^2\text{H}$ de $-11,05\text{‰}$. Considerando todas as amostras, as médias foram de $-3,92\text{‰}$ para $\delta^{18}\text{O}$ e $-17,99\text{‰}$ para $\delta^2\text{H}$ e permitiram formular a expressão $\delta^2\text{H} = 5,0283 \times \delta^{18}\text{O} + 1,717$ como a Reta Meteórica Local de Tamoios. O rio São João apresentou valores de $\delta^{18}\text{O}$ ($-5,89\text{‰}$) e $\delta^2\text{H}$ ($-19,20\text{‰}$) mais depletados em comparação ao Rio Una ($\delta^{18}\text{O} = -2,68\text{‰}$; $\delta^2\text{H} = -8,16\text{‰}$) e à cava inundada ($\delta^{18}\text{O} = -2,41\text{‰}$; $\delta^2\text{H} = -7,99\text{‰}$). Esses resultados possivelmente refletem maior influência de águas meteóricas recentes e abastecimento por água subterrânea do rio São João, especialmente devido a maior vazão e profundidade da calha em relação ao Una, que é menor e possui águas mais estagnadas. A similaridade isotópica mais enriquecida do rio Una e na cava inundada indicam processos hidrológicos semelhantes: estagnação da água e maior evaporação e influência marinha. Logo, são águas de resposta rápida ou imediata aos efeitos atmosféricos, o que era esperado haja vista o clima seco local. A amostra de água subterrânea próxima da cava e a da cava foram influenciadas por águas meteóricas, porém os processos evaporativos foram mais intensos na cava. Os valores da água do mar, obtidos no centro do arco praial, confirmam influência das águas dos rios São João e Una no ambiente marinho. Embora ambos os rios desaguem em extremidades opostas da praia, a assinatura isotópica sugere a dispersão dessas águas fluviais ao longo da costa. A ausência de correlação da distância do mar das amostras com os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ e da razão $\delta^{18}\text{O}/\text{Cl}^-$ ($r^2 = 0,04$) corroboram para a hipótese de que não havia processo de intrusão marinha em Tamoios. Dados isotópicos de 2010 e 2019 registraram a mesma tendência: água da cava era a menos depletada, seguido do rio Una, do São João e, por último, por um poço interiorano (P34). As amostras de águas superficiais de 2019 mostraram-se isotopicamente mais depletadas do que as de 2010. Conectividade hídrica; Deutério; Oxigênio-18;

AQUÍFERO BATALHA: INTERAÇÃO ENTRE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS COMO SUBSÍDIO À GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

RESENDE DE OLIVEIRA, Juliana Gracieli¹; BORGES, Leonardo Vinicius²; DE ABREU, Lucijane Monteiro¹; DE SOUSA, Mardey Rodrigues³; PRATES MARTINS, Deyver Daniel⁴; FONSECA, Marcelo da⁵; CARVALHO DO NASCIMENTO, Carlos Tadeu¹;

(1) Universidade de Brasília - Brasília - DF - Brasil; (2) Agromine Engenharia Hídrica - Parcatu - MG - Brasil; (3) RuhWater - Unaí - MG - Brasil; (4) Saga Agroambiental - Unaí - MG - Brasil; (5) IGAM - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Juliana Gracieli Resende de Oliveira (julianagracieli@yahoo.com.br)

Introdução: As mudanças climáticas têm intensificado a ocorrência de eventos hidrológicos extremos, ampliando os desafios relacionados à disponibilidade hídrica em regiões dependentes da agricultura irrigada. Nesse contexto, os aquíferos desempenham papel estratégico na manutenção da segurança hídrica, tornando indispensável a compreensão das interações entre águas superficiais e subterrâneas. A integração de informações hidrológicas e hidrogeológicas constitui importante instrumento para subsidiar a gestão dos recursos hídricos em áreas de restrição e controle e fortalecer o planejamento do uso sustentável das águas subterrâneas. **Objetivos:** Analisar como a integração de dados do monitoramento hidrogeológico, caracterização do sistema aquífero e acompanhamento das interações entre águas superficiais e subterrâneas pode subsidiar a gestão dos recursos hídricos em área de restrição e controle, evidenciando a importância do monitoramento contínuo para o entendimento da dinâmica hidrogeológica do Aquífero Batalha.

Método: O presente estudo fundamentou-se nas informações técnicas constantes do relatório “Modelo Hidrogeológico Conceitual e Proposta de Rede Dedicada de Monitoramento Hidrogeológico do Aquífero Batalha” (Silva L. A. et al., 2025). A análise contemplou dados de monitoramento pluviométrico, fluviométrico e piezométrico, inventário de poços tubulares, estimativas de recarga, análise de fluxo de base, caracterização hidrogeológica, modelagem hidrogeológica conceitual e proposta de rede dedicada de monitoramento. A integração dessas informações permitiu interpretar as relações entre precipitação, recarga, níveis d'água subterrâneos e manutenção dos fluxos de base. **Resultados:** Os resultados evidenciaram forte correlação entre precipitação, recarga aquífera, variações piezométricas e manutenção dos fluxos de base dos cursos d'água monitorados, demonstrando elevada conectividade entre os sistemas superficial e subterrâneo. A integração das diferentes redes de monitoramento possibilitou identificar a resposta do aquífero frente às oscilações hidrológicas sazonais, validar o modelo hidrogeológico conceitual e estabelecer critérios técnicos para o acompanhamento contínuo da disponibilidade hídrica. A análise integrada evidenciou a importância do monitoramento contínuo para interpretação do comportamento hidrogeológico do sistema aquífero e para o acompanhamento das respostas frente às variações hidrológicas sazonais, contribuindo para redução das incertezas relacionadas à disponibilidade hídrica. **Conclusão:** A abordagem proposta evidencia a importância da integração entre informações hidrológicas e hidrogeológicas para ampliar o conhecimento sobre o funcionamento do Aquífero Batalha e fornecer subsídios técnicos ao planejamento, ao monitoramento e à gestão dos recursos hídricos em áreas de restrição e controle, especialmente diante dos desafios impostos pela variabilidade climática.

DARC; monitoramento hidrogeológico; Recarga aquífera; resiliência hídrica;

REDE DEDICADA DE MONITORAMENTO HIDROGEOLÓGICO COMO FERRAMENTA PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM ÁREA AGRÍCOLA DE RESTRIÇÃO E CONTROLE

RESENDE DE OLIVEIRA, Juliana Gracieli¹; BORGES, Leonardo Vinicius²; DE ABREU, Lucijane Monteiro¹; DE SOUSA, Mardey Rodrigues³; PRATES MARTINS, Deyver Daniel⁴; CARVALHO DO NASCIMENTO, Carlos Tadeu¹; FONSECA, Marcelo da⁵;

(1) Universidade de Brasília - Brasília - DF - Brasil; (2) Agromine Engenharia Hídrica - Paracatu - MG - Brasil; (3) RuhWater - Unaí - MG - Brasil; (4) Saga Agroambiental - Unaí - MG - Brasil; (5) IGAM - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Juliana Gracieli Resende de Oliveira (julianagracieli@yahoo.com.br)

Introdução: O aumento da demanda por águas subterrâneas para irrigação tem intensificado a pressão sobre os aquíferos utilizados pelo agronegócio, tornando indispensável a adoção de instrumentos capazes de subsidiar a gestão sustentável dos recursos hídricos. Em áreas de elevada concentração de poços tubulares, a ausência de informações hidrogeológicas sistemáticas amplia as incertezas relacionadas à disponibilidade hídrica, à recarga aquífera e às interferências entre captações. Nesse contexto, redes dedicadas de monitoramento associadas à modelagem hidrogeológica representam importante ferramenta para o planejamento e a tomada de decisão. **Objetivos:** Propor uma metodologia integrada, fundamentada em um modelo hidrogeológico conceitual e na implementação de uma rede dedicada de monitoramento, como ferramenta de suporte à gestão quantitativa e qualitativa das águas subterrâneas destinadas à irrigação agrícola na área da Declaração de Área de Restrição e Controle (DARC) do Aquífero Batalha, em Minas Gerais. **Método:** As informações técnicas do 'Modelo Hidrogeológico Conceitual e da Rede Dedicada de Monitoramento Hidrogeológico do Aquífero Batalha' foram propostas por Silva L. A. et al., (2025). A análise contemplou levantamentos geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, geomorfológicos e pedológicos, inventário de poços tubulares, monitoramento piezométrico, pluviométrico e fluviométrico, ensaios hidráulicos, estimativas de recarga, análises de fluxo de base, geotecnologias e modelagem hidrogeológica conceitual. Para a proposição da rede dedicada de monitoramento considerou: estações pluviométricas, fluviométricas, piezômetros, pontos de monitoramento da qualidade da água e poços de acompanhamento operacional. **Resultados:** A metodologia permitiu compreender o funcionamento hidrogeológico do Aquífero Batalha, identificar unidades hidrogeológicas, direções preferenciais de fluxo subterrâneo, parâmetros hidrodinâmicos e áreas potenciais de recarga. A integração das informações possibilitou definir uma rede de monitoramento representativa para o acompanhamento contínuo das condições do aquífero e da resposta às captações destinadas à irrigação. O monitoramento integrado fornece subsídios para avaliação da disponibilidade hídrica, atualização do modelo hidrogeológico, aperfeiçoamento dos processos de outorga e adoção de medidas preventivas em situações de maior pressão sobre os recursos hídricos. **Conclusão:** A integração entre modelagem hidrogeológica e rede dedicada de monitoramento apresentou-se como uma metodologia inovadora para a gestão das águas subterrâneas em regiões agrícolas. Além de ampliar a confiabilidade das informações técnicas utilizadas na gestão, a metodologia fortalece a segurança hídrica da irrigação, favorece a utilização sustentável dos aquíferos e contribui para a prevenção de conflitos entre usuários, podendo ser replicada em outras áreas de restrição e controle de águas subterrâneas. Aquífero Batalha; DARC; disponibilidade hídrica; Fluxo de base; Recarga aquífera;

ANALISE COMPARATIVA DO INDICE DE COMPROMETIMENTO NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL: DA ABORDAGEM CONCENTRADA A ESPACIALIZAÇÃO

*BORTOLIN, Taison Anderson¹; REGINATO, Pedro Antonio Roehe¹; DE VARGAS, Tiago¹;
(1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre - RS - Brasil;*

Taison Anderson Bortolin (tabortol@gmail.com)

A governança eficiente das águas subterrâneas em meios fraturados, como o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), constitui um desafio técnico decorrente da alta anisotropia e da heterogeneidade hidrodinâmica existente. Instrumentos de macrogestão, como os Planos de Bacia, frequentemente avaliam o balanço hídrico em escalas globais, o que tende a mascarar o estresse hídrico em polos de alta densidade de extração. O desenvolvimento de ferramentas de simulação em escala de sub-bacia representou um avanço, permitindo análises de sensibilidade aos parâmetros de entrada. Contudo, modelos de parâmetros concentrados ainda diluem a demanda que pode estar localizada em regiões, por toda a área poligonal da bacia, dificultando a identificação de bolsões críticos locais, cenário que exige a transição para métodos que considerem o posicionamento geográfico exato da demanda e da oferta hídrica renovável. O presente trabalho objetiva comparar três métodos de avaliação de comprometimento de aquíferos (Plano de Bacia, a ferramenta paramétrica CALPOHID e um modelo automatizado de malhas semidistribuídas) visando otimizar a segurança hídrica e os processos de outorga em aquíferos fraturados. A análise metodológica englobou a revisão dos resultados do Plano de Bacia do Taquari-Antas e da ferramenta de planilha CALPOHID (estruturada em 5 cenários de potencial de recarga e 3 cenários de disponibilidade hídrica instalada). Em contrapartida, propôs-se o desenvolvimento de um modelo semidistribuído georreferenciado, estruturado em linguagem Python (Pandas e GeoPandas) e ambiente QGIS. Os dados de extração diária (m^3/dia) dos poços cadastrados no Sistema de Outorgas (SIOUT/RS) foram projetados espacialmente (EPSG:31982) e intersectados com uma malha regular de 5x5 km. Calculou-se a recarga efetiva teórica por célula, reservando 50% para manutenção do escoamento de base, estimando-se o Índice de Comprometimento do Aquífero (ICA) individualmente. A macroanálise do Plano de Bacia resulta em um índice de restrição predominantemente nulo. A ferramenta CALPOHID demonstra precisão na identificação da vulnerabilidade do aquífero a diferentes formulações de recarga. No entanto, ao aplicar o modelo semidistribuído, revelou-se uma dinâmica de estresse pontual do SASG. Células com alta densidade de poços apresentaram ICA superior a 0,75 (estágio Crítico), enquanto há várias áreas de vazão exploratório no entorno que permaneceram na zona Verde (Baixa criticidade), impedindo que o balanço hídrico positivo destas mascarasse o rebaixamento teórico das zonas adensadas. A utilização de métodos semidistribuídos para análise de comprometimento do aquífero torna-se fundamental, pois a espacialização do índice permite a emissão de diretrizes técnicas regionalizadas, garantindo a sustentabilidade das reservas sem paralisar o desenvolvimento nas áreas não comprometidas da bacia.

aquíferos fraturados; Geoprocessamento; gestão de recursos hídricos; Modelagem Semidistribuída; Outorga de Água Subterrânea;

ANALISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO EM MINAS GERAIS DURANTE O EVENTO PLUVIOMÉTRICO EXTREMO DE FEVEREIRO DE 2026

MOREIRA, Gabriela Alves¹;

(1) Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Gabriela Alves Moreira (gabssevla@gmail.com)

Durante fevereiro de 2026, diversos municípios de Minas Gerais registraram elevados volumes de precipitação, resultando em eventos hidrológicos extremos, especialmente na Zona da Mata Mineira. As chuvas intensas ocasionaram alagamentos, enxurradas, movimentos de massa e danos à infraestrutura urbana e rural, evidenciando a importância da análise da distribuição espacial das precipitações para o planejamento territorial e a gestão de riscos. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo o estudo da distribuição espacial da precipitação em Minas Gerais durante fevereiro de 2026 por meio da análise de isoietas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Foram utilizados dados pluviométricos de 68 estações meteorológicas distribuídas pelo estado e disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados de precipitação acumulada foram organizados, tratados e posteriormente georreferenciados no software QGIS. Em seguida, aplicou-se o método determinístico de interpolação espacial Inverse Distance Weighting (IDW), que estima valores para áreas não amostradas com base na influência da distância entre os pontos observados. A superfície interpolada permitiu elaborar o mapa de distribuição espacial da precipitação e identificar os principais núcleos de concentração pluviométrica. Os resultados evidenciaram uma distribuição espacial heterogênea da precipitação em Minas Gerais. Os maiores acumulados concentraram-se na porção sudeste do estado, especialmente na Zona da Mata Mineira. Destaca-se o município de Juiz de Fora, que apresentou precipitação acumulada superior a 600 mm no período analisado, configurando o principal núcleo de elevada pluviosidade. Municípios vizinhos também registraram elevados acumulados, formando uma faixa contínua de alta precipitação, enquanto as regiões norte e nordeste apresentaram valores significativamente menores, em geral inferiores a 250 mm. As isoietas evidenciaram um núcleo de precipitação extrema na Zona da Mata Mineira, coincidindo com as áreas mais afetadas por enchentes, enxurradas e movimentos de massa registrados no período. Esse padrão espacial é compatível com a atuação de sistemas atmosféricos responsáveis pela persistência das chuvas intensas no Sudeste brasileiro, destacando-se a interação entre uma massa de ar quente e úmido, a incursão de ar frio e a formação de uma área de baixa pressão sobre o leste de Minas Gerais. Adicionalmente, o comportamento observado pode estar associado à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), responsável pela formação de um corredor de umidade entre a Amazônia e a Região Sudeste, bem como à influência de frentes frias persistentes no litoral. O relevo acidentado da Zona da Mata também favoreceu a intensificação orográfica das precipitações, contribuindo para os elevados acumulados pluviométricos e potencializando os impactos observados. Embora essas associações sejam compatíveis com os padrões meteorológicos registrados, estudos climatológicos específicos são necessários para confirmar a influência de cada sistema atmosférico. Os resultados reforçam a importância da análise espacial da precipitação como suporte ao monitoramento hidrometeorológico, à gestão de riscos e ao planejamento ambiental. Além disso, a espacialização da precipitação fornece dados para os estudos hidrogeológicos, contribuindo para a compreensão de processos de infiltração, recarga aquífera e resposta hidrológica em cenários de eventos extremos.

Gestão de riscos; Inverse Distance Weighting; Isoietas; Zona da Mata Mineira;

ANALISE HIDRODINAMICA DE AQUIFERO FRATURADO HETEROGENEO POR MEIO DE CORRELAÇÃO CRUZADA E AUTOCORRELAÇÃO

BORTOLIN, Taison Anderson¹; DE VARGAS, Tiago¹; REGINATO, Pedro Antonio Roehe¹; CARLOS, Franciele Schwanck¹; SALVADORETTI, Paulo¹; FACCIONI, Luis Felipe²;

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre - RS - Brasil; (2) Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAMAE) - Caxias do Sul - RS - Brasil;

Taison Anderson Bortolin (tabortol@gmail.com)

A gestão sustentável dos recursos hídricos em aquíferos fraturados, como o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), exige a compreensão refinada dos mecanismos de recarga e fluxo. Devido à sua heterogeneidade e anisotropia, o fluxo pode ser condicionado por redes de descontinuidades, gerando comportamentos hidrodinâmicos complexos e de dupla porosidade. A análise de séries temporais das respostas dos níveis estáticos frente à precipitação atua como uma ferramenta fundamental para diferenciar sistemas conectados e resilientes daqueles formados por fraturas isoladas e vulneráveis. Nesse sentido, este trabalho objetiva investigar a hidrodinâmica do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) no município de Caxias do Sul (RS) aplicando exclusivamente as funções estatísticas de correlação cruzada e autocorrelação para diagnosticar o tempo de resposta à precipitação e a memória hidráulica do aquífero. Foram processadas séries temporais diárias de precipitação e de níveis estáticos monitorados em quatro poços tubulares (P1 a P4) localizados no município de Caxias do Sul, entre junho de 2024 e novembro de 2025. A análise estatística consistiu em duas etapas: 1) Aplicação da Função de Correlação Cruzada (FCC) entre a precipitação (série de entrada) e o nível da água (série de saída) para quantificar o tempo de trânsito do pulso de recarga até a zona saturada (lag time). 2) Aplicação da Função de Autocorrelação (ACF), que mede a correlação da série de níveis com ela mesma, para avaliar o Efeito Memória do sistema (inércia hidráulica ou armazenamento), definindo-se o limiar de significância onde o coeficiente de correlação cai abaixo de 0,2. A aplicação dos métodos revelou uma dicotomia temporal e hidrodinâmica na área de estudo. Nos correlogramas de FCC, o poço P3 apresentou a resposta mais rápida do sistema, com o coeficiente de correlação máximo ocorrendo com atraso (lag time) de apenas 3 dias ($r=0,30$), indicando que a fratura apresenta melhor conexão hidráulica com o manto de alteração favorecendo a resposta rápida da recarga. Em contraste, os poços P1, P2 e P4 exibiram tempos de resposta muito mais longos, com atrasos de 7 a 12 dias e baixos coeficientes de correlação (média de $r=0,16$), sugerindo que a oscilação não advém de pulsos diretos, mas de um fluxo lento e difuso de água amortecido pela matriz rochosa. A análise de ACF (memória) corroborou este cenário: os poços P1 e P4 exibiram recessões suaves e alta retenção, atingindo o limiar de inércia em 81 e mais de 90 dias, respectivamente, o que evidencia armazenamento sustentado pela matriz. O poço P2 também manteve longa memória (>90 dias), indicando um sistema estrutural condutivo, porém estável. Já a função de autocorrelação do poço P3 caiu de forma abrupta, resultando na menor memória do conjunto (57 dias), o que diagnostica uma estrutura de volume finito, baixo armazenamento e esvaziamento rápido. As técnicas de correlação cruzada e autocorrelação demonstraram ser metodologias eficazes para identificar e distinguir os diferentes compartimentos de fluxo que coexistem no SASG. Foi possível identificar que compartimentos com rápida resposta temporal e memória curta (P3) representam fluxos transientes incapazes de sustentar reservas a longo prazo, enquanto tempos de resposta defasados e memória prolongada (P1, P4) refletem a funcionalidade da matriz rochosa em amortecer pulsos de recarga e garantir um armazenamento resiliente.

aquífero fraturado; Autocorrelação; Correlação cruzada; Recarga; Séries temporais;

OCORRENCIA DE NITRATO NOS SISTEMAS AQUIFEROS BAURU E SERRA GERAL EM CAMPO GRANDE (MS): SUBSIDIOS A GESTAO DAS AGUAS SUBTERRANEAS

NIEWINSKI, Francielle da Silva¹; DE ALENCAR, Daniel Torres¹; LASTORIA, Giancarlo²; COSTA, Leonardo Sampaio¹; SILVA, Jhonatan Berger¹; DA SILVA, Samara Stral¹; DOS SANTOS, Caroline Adler Ralho Rodrigues¹;

(1) Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul - Campo Grande - MS - Brasil; (2) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Campo Grande - MS - Brasil;

Francielle da Silva Niewinski (franiewinski@gmail.com)

A contaminação por nitrato representa um dos principais problemas relacionados à qualidade das águas subterrâneas em áreas urbanizadas, estando associada ao histórico de ocupação do solo, à implantação tardia dos sistemas de esgotamento sanitário e ao uso prolongado de soluções individuais para disposição de efluentes (SPALDING; EXNER, 1993; HIRATA et al., 2020). Em Campo Grande (MS), estudos anteriores já registraram a ocorrência desse contaminante e sua relação com os sistemas aquíferos locais (NÓBREGA, 2020; DINIZ, 2024). Nesse contexto, os Sistemas Aquíferos Bauru, Serra Geral e Guaraní constituem importantes mananciais utilizados para o abastecimento público, sendo aproximadamente 47,3% da demanda atendida por captações de água subterrânea (CAMPO GRANDE, 2025). Este trabalho teve como objetivo consolidar um inventário técnico preliminar da ocorrência de nitrato em poços tubulares de abastecimento público de Campo Grande e avaliar sua distribuição em função das características hidrogeológicas e construtivas das captações. Para isso, foram analisadas informações provenientes dos processos de outorga e do monitoramento realizado pela concessionária de abastecimento, integrando dados geológicos, construtivos e de qualidade da água de 157 poços tubulares, dos quais 40 passaram a integrar um programa de monitoramento mensal em 2024, em função da recorrência de concentrações entre 5 a 30 mg/L de N-NO₃. Aproximadamente 35 poços registraram concentrações superiores a 10 mg/L de N-NO₃ em pelo menos uma campanha de monitoramento. A análise permitiu identificar dois padrões hidrogeológicos distintos: poços perfurados entre as décadas de 1970 e 1980 exploram predominantemente o Sistema Aquífero Serra Geral, apresentam profundidades entre 95 a 200 m e concentrações recorrentes entre 8 a 20 mg/L de N-NO₃, associadas à ocupação urbana consolidada e às características construtivas dessas captações, ou seja, perfurações executadas antes da consolidação das normas técnicas de proteção sanitária para poços tubulares; em contrapartida, os poços perfurados a partir dos anos 2000 concentram-se no Sistema Aquífero Bauru, apresentam profundidades entre 40 a 82 m e concentrações entre 10 a 22 mg/L de N-NO₃, refletindo principalmente a elevada vulnerabilidade natural dessa unidade aquífera. Os resultados evidenciam comportamentos distintos da ocorrência de nitrato entre os sistemas aquíferos de Campo Grande, permitindo identificar áreas prioritárias para monitoramento e subsidiar estudos sobre a dinâmica da contaminação. Apesar da elevada cobertura dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, ainda persistem passivos ambientais relacionados ao processo histórico de urbanização. Os resultados demonstram o potencial das informações produzidas no âmbito da outorga como subsídio à gestão dos recursos hídricos subterrâneos e à proteção dos aquíferos explorados.

águas subterrâneas; gestão de recursos hídricos; hidrogeologia; Nitrato; Outorga;

ESTUDO SOBRE A FAVORABILIDADE HIDROGEOLOGICA DA REGIAO DE BOTAFOGO, LOCALIDADE DE OURO PRETO, MINAS GERAIS.

BOTARO, Bárbara Maria de Paula¹; COSTA, Adivane Teresinha¹; GONÇALVES, Leonardo Estácio Silva¹; BARELLA, César Falcão¹;

(1) Universidade Federal de Ouro Preto - Ouro Preto - MG - Brasil;

Bárbara Maria de Paula Botaro (botarobarbara@gmail.com)

Configurado como sendo um dos subdistritos do município de Ouro Preto (MG), a região de Botafogo encontra-se na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, sob as unidades geológicas da formação Moeda, Cauê, Gandarela, Cercadinho, Fecho do Funil e Sabará, unidades litoestratigráficas do supergrupo Minas, além das coberturas aluvionares e de canga, de idade Cenozóica (Dorr, 1969). Localmente, essas formações apresentam grandes quantidades de litotipos ferríferos, de elevado interesse para a atividade de mineração de ferro e manganês. Em contrapartida, a expansão de operações minerárias representa uma ameaça significativa às principais unidades aquíferas da região, que recebem em sua maioria, nomenclatura homônima às formações geológicas, já que esses mesmos litotipos ferríferos (itabiritos) são os que melhor respondem a dinâmica hídrica de infiltração e recarga dos corpos hídricos subterrâneos (Mourão, 2007). Portanto a retirada dessas rochas, que sustentam os topos de morro, pode provocar danos irreversíveis ao abastecimento da região e proximidades. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo principal elaborar um mapa de favorabilidade hidrogeológica para a localidade de Botafogo, utilizando o método de análise multicritério, por meio da técnica de Processo Analítico Hierárquico (AHP), que permitiu identificar áreas com diferentes níveis de potencial para infiltração e recarga das águas subterrâneas. Para isso, foram feitas campanhas de campo para confirmação das principais litologias aflorantes, bem como a produção de mapas de litologia, densidade de lineamentos estruturais, declividade, índice topográfico de umidade (TWI) e solos, produzidos para a área de estudo. Para o método AHP, os mapas de solo e litológico tiveram suas classes reclassificadas, com pesos baseados em revisões bibliográficas e definidos pelo site AHP Calculator, e posteriormente, como o restante dos mapas, foram submetidos ao processo de normalização para o intervalo entre 0 e 1, afim de padronizar os critérios em uma mesma escala de comparação. Dessa forma, os valores mais próximos de 1 passaram a representar as condições de maior favorabilidade hidrogeológica para cada critério analisado. Por fim, foram realizadas consultas a dois professores especialistas com experiência na área de hidrogeologia, os quais contribuíram com o julgamento da importância relativa entre os cinco critérios, e os pesos foram novamente definidos pelo site citado. O resultado foram dois mapas de favorabilidade hidrogeológica para a localidade de Botafogo, sendo possível notar que, com diferenças entre os pesos dados para os critérios pelos especialistas, há um padrão de áreas semelhantes que são favoráveis à dinâmica hidrogeológica de infiltração de água, sendo elas as regiões a noroeste e nordeste da porção superior, bem como algumas regiões a sul e sudoeste da área de estudo. Foi possível notar que, não coincidentemente, as instalações mineradoras de ferro da região estão concentradas sobre essas regiões de maior potencial para recarga, uma vez que as rochas itabiríticas, aquelas que são de interesse das mineradoras, são responsáveis pela melhor qualidade, armazenamento e abastecimento dos corpos hídricos subterrâneos, devido às suas características físicas e químicas descritas no Quadrilátero Ferrífero. Os produtos gerados constituem subsídios técnicos para o planejamento ambiental e para a conservação dos recursos hídricos em regiões submetidas à pressão da mineração. águas subterrâneas; AHP; Análise multicritério; Favorabilidade hidrogeológica; Quadrilátero Ferrífero;

A IMPORTÂNCIA DA PROTEÇÃO SANITÁRIA DE POÇOS TUBULARES NA PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO ABASTECIMENTO PÚBLICO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

PALES, Izabella Gontijo¹;

(1) Pesquisadora Independente - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Izabella Gontijo Pales (izabellagpales@gmail.com)

Introdução: As águas subterrâneas constituem um recurso hídrico estratégico para o abastecimento público, contribuindo de forma decisiva para a segurança hídrica e para a sustentação de múltiplas atividades socioeconômicas. Em geral, apresentam elevada qualidade natural em decorrência dos processos naturais de filtração e atenuação promovidos pelo meio geológico, tornando-se uma fonte de abastecimento que pode demandar tratamentos menos complexos para alcançar os padrões de potabilidade. Entretanto, essa condição depende não apenas das características hidrogeológicas do aquífero, mas também da adequada construção e proteção sanitária dos poços tubulares, que representam o principal ponto de vulnerabilidade entre o aquífero e o sistema de abastecimento. **Objetivos:** Analisar, por meio de revisão bibliográfica, o papel da proteção sanitária de poços tubulares na preservação da qualidade natural das águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público. **Método:** Foi realizada uma revisão bibliográfica por meio de busca sistematizada em literatura científica, normas técnicas e documentos institucionais relacionados à proteção sanitária de poços tubulares e à qualidade de águas subterrâneas para abastecimento público. As pesquisas incluíram bases Google Scholar e SciELO, complementadas por publicações da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Serviço Geológico do Brasil (SGB) e pela legislação e normas técnicas aplicáveis. Foram selecionadas obras e documentos conforme sua pertinência temática e contribuição técnica ao objetivo do estudo. Quando disponível, priorizou-se material com enfoque em práticas de proteção de poços, estudos de vulnerabilidade e monitoramento da qualidade, visando mapear avanços conceituais e normativos relevantes. **Resultados:** A revisão bibliográfica permitiu identificar que a elevada qualidade natural das águas subterrâneas está diretamente relacionada aos processos naturais de infiltração, filtração e atenuação promovidos pelo solo e pelas formações geológicas. A construção de poços tubulares rompe parcialmente a barreira natural de proteção proporcionada pelo meio geológico, tornando a adequada proteção sanitária indispensável para preservar a qualidade da água subterrânea destinada ao abastecimento público. A inadequação dessa proteção favorece a entrada de contaminantes microbiológicos e físico-químicos, comprometendo a qualidade da água captada. As referências consultadas destacam que a correta implementação de medidas de proteção sanitária, como selo sanitário e vedação adequada, constituem medidas preventivas essenciais para minimizar os riscos de contaminação, preservar a qualidade natural das águas subterrâneas e aumentar a segurança dos sistemas públicos de abastecimento. **Conclusão:** Conclui-se que a proteção sanitária dos poços tubulares transcende um requisito construtivo, constituindo uma medida preventiva indispensável para a preservação da qualidade natural das águas subterrâneas. Sua adequada implementação fortalece a segurança do abastecimento público, reduz os riscos de contaminação e contribui para a gestão sustentável de um recurso hídrico estratégico e essencial à sociedade

Abastecimento Público; águas subterrâneas; Proteção sanitária; Qualidade da água;

QUANDO A RECARGA POTENCIAL SE APROXIMA DA REAL: O PAPEL DOS ANOS EXTREMAMENTE CHUVOSOS NA BACIA DO RIBEIRÃO DA ONÇA (SISTEMA AQUÍFERO GUARANI)

CABRERA, manolo camilo moleiro¹; VIANA, Veronica Nazare Ramos²; UCHÔA, José Gescilam Sousa Mota²; WENDLAND, Edson Cezar²;

(1) Universidade Estadual de Santa Cruz - Ilhéus - BA - Brasil; (2) USP - São Carlos - SP - Brasil;

manolo camilo moleiro cabrera (eng.camilo@gmail.com)

A quantificação da recarga é essencial para a gestão sustentável das águas subterrâneas, sobretudo em zonas de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Métodos baseados em série de dados de vazão, como a separação do escoamento de base pelo filtro de Eckhardt, estimam a recarga potencial: a água que se infiltra abaixo da zona radicular (infiltração líquida ou drenagem profunda) e que pode ou não alcançar a zona saturada. Já técnicas baseadas na zona saturada, como a flutuação do nível freático (WTF), estimam a recarga real, efetivamente incorporada ao aquífero. Assim torna-se essencial comparar as estimativas de recarga potencial (Eckhardt) e real (WTF) na bacia do Ribeirão da Onça, avaliando estatisticamente sua equivalência e a razão entre os dois métodos. Analisou-se a série diária de vazão (2008–2019) da bacia do Ribeirão da Onça (~52 km², em área de afloramento do SAG). Aplicou-se o filtro recursivo de Eckhardt ($\alpha=0,988$, obtido por análise de recessão; BFI_{max}=0,80) para separar o escoamento de base, convertido em lâmina de recarga potencial por ano hidrológico (set-ago). Os valores foram confrontados com a recarga real por WTF (média ponderada de múltiplos poços (n=15) localizados em áreas com Citros, Cana de Açúcar, Eucalipto e Pastagem), 2010–2019, mediante teste t pareado e Wilcoxon. A recarga potencial média (Eckhardt) foi de 308 mm/ano (~20% da precipitação), contra 156 mm/ano pelo WTF. As séries diferiram significativamente (t pareado, p=0,002; Wilcoxon, p=0,006), com a recarga potencial correspondendo, em média, ao dobro da recarga real, razão coerente com bacias de aquífero poroso. Nos anos hidrológicos extremamente chuvosos de 2011 (1817 mm) e 2016 (1980 mm) as duas estimativas convergiram (2011: 448 vs 414 mm; 2016: 288 vs 370 mm), aproximando-se da relação 1:1. Excluindo esses anos, o BFI_{max} necessário para igualar os métodos cairia para ~0,26, evidenciando que a discrepância se concentra nos anos de recarga baixa a moderada. Os métodos de Eckhardt e WTF medem grandezas distintas: a recarga potencial (infiltração abaixo da zona radicular) supera a recarga real, sendo cerca do dobro na escala anual em aquífero poroso e clima tropical com inverno seco e verão chuvoso. Em anos muito úmidos, a maior parte da infiltração líquida efetivamente atinge o aquífero, aproximando as duas estimativas. Distinguir recarga potencial de real é fundamental para não superestimar a disponibilidade hídrica em estudos de gestão do SAG.

; Eckhardt; flutuação do nível freático; separação do hidrograma; WTF;

PLATAFORMAS DIGITAIS COMO FERRAMENTAS DE APOIO À GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

PALES, Izabella Gontijo¹;

(1) Pesquisadora Independente - Belo Horizonte - MG - Brasil;

Izabella Gontijo Pales (izabellagpales@gmail.com)

Introdução: A gestão integrada dos recursos hídricos depende da disponibilidade de informações confiáveis, atualizadas e espacialmente organizadas, capazes de subsidiar o planejamento, a fiscalização e a tomada de decisão. Nesse contexto, as plataformas digitais têm ampliado a capacidade de produção, armazenamento, integração e compartilhamento de dados relacionados aos recursos hídricos, contribuindo para uma gestão mais eficiente e transparente. Plataformas públicas de informações hidrogeológicas, como SIAGAS e SNIRH, sistemas de outorga, bancos de dados hidrológicos e ferramentas de geoprocessamento destacam-se como instrumentos estratégicos de apoio à gestão das águas subterrâneas. Mais do que repositórios de dados, essas plataformas fortalecem a governança hídrica. Entretanto, apesar de sua relevância, a articulação entre essas bases ainda precisa ser fortalecida, de modo a ampliar a integração das informações e o suporte às decisões voltadas ao uso sustentável dos recursos hídricos. **Objetivos:** Analisar, por meio de revisão bibliográfica, como a integração de plataformas digitais fortalece a governança e a gestão sustentável das águas subterrâneas no Brasil. **Método:** Foi realizada uma revisão bibliográfica a partir da consulta a artigos científicos, publicações institucionais e documentos técnicos relacionados à gestão de recursos hídricos, governança digital e sistemas de informação aplicados às águas subterrâneas. As buscas foram realizadas nas bases Google Scholar e SciELO, complementadas por publicações da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Serviço Geológico do Brasil (SGB), Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS) e por informações disponibilizadas em plataformas públicas de gestão hídrica. As referências foram selecionadas com base em sua pertinência e relevância para compreender como a utilização dessas ferramentas contribui para a gestão e a governança das águas subterrâneas e a importância da integração dos dados obtidos em cada uma delas. **Resultados:** A revisão bibliográfica evidenciou que a digitalização da gestão dos recursos hídricos ampliou o acesso e a disponibilidade de informações hidrogeológicas no Brasil. Plataformas como o SIAGAS, o SNIRH, o Hidroweb, os sistemas estaduais de outorga e as ferramentas de SIG permitem o acesso a dados sobre poços, disponibilidade hídrica, monitoramento hidrológico, usos da água e características espaciais do território. A literatura também sugere que a integração entre essas bases ainda constitui um desafio para a consolidação das informações e para o fortalecimento da gestão integrada. Nesse sentido, essas ferramentas não se limitam à função de repositórios de dados, mas apresentam potencial para atuar como instrumentos de apoio à governança, à transparência, à fiscalização e ao planejamento na gestão das águas subterrâneas. **Conclusão:** Conclui-se que as plataformas digitais transcendem a função de simples repositórios de dados, consolidando-se como instrumentos estratégicos de governança para a gestão integrada dos recursos hídricos. Embora o Brasil disponha de importantes sistemas públicos voltados à gestão hídrica, o fortalecimento da integração entre essas plataformas representa um dos principais desafios e uma das maiores oportunidades para ampliar a eficiência, a transparência e articulação entre as bases de dados. Assim, o fortalecimento da conexão de dados entre plataformas pode contribuir para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos.

gestão de recursos hídricos; Governança; Integração de sistemas; Sistemas de informação;

BARREIRAS ARGILOSAS COMO ALTERNATIVA PARA REMEDIAÇÃO DE AGUAS SUBTERRANEAS: AVALIAÇÃO POR MODELAGEM DE TRANSPORTE REATIVO

*FAVERSANI, Gregorio¹; SILVA, Layane²; MARTINS, Nathan Carlo Soares³; HUBNER, Lilian Trindade¹; COSTA, Felipe Andre Ferreira¹; CERVI, Eduardo¹; SILVEIRA, Gabriel Henrique Bessas¹;
(1) WSP - Belo Horizonte - MG - Brasil; (2) WSP - Australia; (3) WSP - Belo Horizonte - MG - Brasil;*

Gregorio Faversani (gregorio.faversani@wsp.com)

Introdução: Barreiras argilosas constituem uma alternativa prática para a contenção e a atenuação de contaminantes em áreas impactadas pela mineração, reduzindo o transporte de espécies potencialmente tóxicas para as águas subterrâneas. O desempenho dessas barreiras depende da interação entre processos hidrodinâmicos e geoquímicos, incluindo dissolução e precipitação mineral, troca iônica e adsorção em superfícies minerais. Embora a modelagem de transporte reativo seja amplamente utilizada para prever a evolução da qualidade da água, a compreensão quantitativa dos mecanismos responsáveis pela retenção dos contaminantes ainda representa um desafio para o dimensionamento e a avaliação de desempenho dessas estruturas. **Objetivos:** Avaliar os mecanismos geoquímicos responsáveis pela retenção de arsênio em uma barreira argilosa por meio de modelagem hidroggeoquímica de transporte reativo, acompanhando a evolução temporal da especiação do arsênio, da ocupação dos diferentes sítios reativos e da capacidade de retenção da barreira. **Método:** Foi desenvolvido um modelo hidroggeoquímico de transporte reativo no software PHREEQC para simular o fluxo de efluentes através de uma barreira argilosa, incorporando processos de advecção, dispersão, difusão, dissolução e precipitação mineral, troca iônica e adsorção por complexação superficial. A composição mineralógica e geoquímica da argila foi parametrizada com base em ensaios de mineralogia (DRX e MEV), lixiviação (USEPA 1313) e capacidade de troca catiônica. A abordagem foi estruturada para quantificar, ao longo do transporte, a especiação do arsênio dissolvido e adsorvido, sua distribuição entre diferentes superfícies reativas e a evolução da ocupação relativa dos sítios de adsorção, permitindo interpretar diretamente os mecanismos geoquímicos responsáveis pela retenção do contaminante. **Resultados:** As simulações mostraram, ao longo do tempo, a capacidade de remediação da barreira de argila enquanto os mecanismos permanecem disponíveis no ambiente simulado. A retenção do arsênio foi controlada predominantemente pela adsorção específica em superfícies minerais, enquanto a contribuição da troca catiônica mostrou-se pouco significativa. A avaliação integrada da especiação do arsênio e da ocupação dos sítios reativos evidenciou ocupação preferencial dos sítios de maior afinidade, seguida pela ocupação progressiva dos sítios remanescentes durante o transporte reativo, permitindo relacionar a evolução da capacidade de retenção da barreira aos mecanismos geoquímicos atuantes em cada etapa do processo. **Conclusão:** A abordagem proposta ampliou a capacidade interpretativa da modelagem hidroggeoquímica ao integrar a previsão da qualidade da água à avaliação quantitativa dos mecanismos responsáveis pela retenção de arsênio em barreiras argilosas. Além de reproduzir a evolução hidroggeoquímica do sistema, a metodologia permitiu acompanhar a distribuição do arsênio entre diferentes superfícies minerais e a evolução da ocupação dos sítios reativos ao longo do transporte, reduzindo a natureza de "caixa-preta" dos modelos convencionais de transporte reativo. Essa abordagem forneceu uma base mais robusta para o dimensionamento, a avaliação de desempenho e a otimização de barreiras minerais aplicadas à remediação de áreas impactadas pela mineração.

Barreiras argilosas; Mecanismos de retenção de contaminantes; Modelagem hidroggeoquímica; PHREEQC; Transporte reativo;

REDE DE MONITORAMENTO HIDROCLIMATICO E HIDROGEOLOGICO NO OESTE DA BAHIA: ESTRATEGIA PARA AMPLIAÇÃO DO MONITORAMENTO DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA

*SOUZA, Pedro Henrique Barbosa de¹; ARAUJO, Glauciana Pereira de¹; PORTO, Eneas Denieste¹;
(1) Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia - Barreiras - BA - Brasil;*

Glauciana Pereira de Araujo (glaucia.araujo@aiba.org.br)

A crescente expansão da agricultura irrigada no Oeste da Bahia, associada à elevada dependência do Sistema Aquífero Urucuia (SAU) na manutenção das vazões dos principais cursos d'água, impõe desafios à gestão sustentável dos recursos hídricos. A limitada densidade das redes de monitoramento hidrológico e hidrogeológico restringe a geração de séries históricas consistentes e dificulta a compreensão dos processos de recarga, armazenamento e descarga do aquífero, bem como das interações entre águas superficiais e subterrâneas, essenciais ao planejamento do uso da água e à gestão baseada em evidências. Apresentar uma estratégia integrada de monitoramento hidroclimático e hidrogeológico, desenvolvida para ampliar a produção de dados e estruturar uma base técnico-científica capaz de subsidiar estudos sobre a dinâmica hidrológica do SAU e apoiar a gestão dos recursos hídricos no Oeste da Bahia. A estratégia foi concebida a partir da integração entre instituições gestoras, entidades de pesquisa e representantes do setor produtivo, contemplando o adensamento simultâneo das redes hidrológica e hidrogeológica. Foram implantadas 19 Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) hidrológicas telemétricas na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, para monitoramento contínuo da precipitação e dos níveis dos rios, conforme padrões da Organização Meteorológica Mundial. Paralelamente, estruturou-se um programa de expansão da rede de monitoramento das águas subterrâneas do SAU, cuja definição dos pontos considerou critérios hidrogeológicos e hidrológicos, incluindo áreas potenciais de recarga, intensidade de exploração, densidade de poços tubulares, expansão da agricultura irrigada, lacunas espaciais de monitoramento e representatividade das sub-bacias. Todos os dados são integrados ao Sistema Integrado de Monitoramento das Águas do Oeste da Bahia (SIMAH), plataforma para armazenamento, validação, processamento, visualização e compartilhamento das informações, interoperável com sistemas estaduais e nacionais. A aplicação dessa estratégia resultou na consolidação de uma rede integrada de monitoramento hidrológico em operação e na ampliação da rede hidrogeológica mediante a implantação de 28 novos pontos, além de outros 31 em fase de implementação, totalizando 59 novos pontos destinados ao acompanhamento sistemático do comportamento do SAU. A integração das informações hidrológicas, hidrogeológicas e meteorológicas em plataforma única amplia a capacidade de geração de séries temporais consistentes e estabelece uma infraestrutura de dados apta a subsidiar estudos sobre recarga do aquífero, comportamento dos níveis freáticos, manutenção das vazões de base e respostas hidrológicas às variações climáticas e ao uso da água. A estratégia proposta representa um avanço metodológico para o monitoramento integrado de sistemas aquíferos em regiões agrícolas intensivas, ao combinar o adensamento das redes de monitoramento com a interoperabilidade e a disponibilização sistemática dos dados. A iniciativa fortalece a produção de conhecimento sobre o SAU, amplia o suporte técnico aos processos de gestão e outorga dos recursos hídricos e estabelece base estruturante para o desenvolvimento de modelos hidrológicos e hidrogeológicos voltados à avaliação da disponibilidade e sustentabilidade do uso das águas superficiais e subterrâneas. Agricultura irrigada; Aquífero Urucuia; Gestão Hídrica; monitoramento hidrogeológico; recursos hídricos;