

Percepção de atores sociais sobre uso, proteção e governança das águas subterrâneas: estudo de caso em Bauru, Agudos e Piratininga (SP)

Perception of social actors regarding the use, protection, and governance of groundwater: a case study in Bauru, Agudos e Piratininga municipalities (SP)

Monise Terra Cerezini¹, Juliana Sobreira Arguelho², Andrea Coelho de Figueiredo³, Isabela de Medeiros da Silva⁴, Josué Jean Daniel Etienne⁵, Luciana Cordeiro de Souza-Fernandes⁶, Alexandre Martins Fernandes⁷, Gabriel Barbosa de Melo⁸, Patricia dos Santos Mesquita⁹, Erika Germanos¹⁰, Maria Helena Novais¹¹, Ana Isabel da Silva Mendes¹², Maria Manuela Morais¹³, Carlos Hiroo Saito¹⁴

¹Universidade de Brasília, Distrito Federal – Brasil, mtcerezini@gmail.com

²Universidade de Brasília, Distrito Federal – Brasil, julianasobreiraarguelho@gmail.com

³Universidade de Brasília, Distrito Federal – Brasil, andreafig2007@gmail.com

⁴Universidade de Brasília, Distrito Federal – Brasil, isabela24ms@gmail.com

⁵Universidade de Brasília, Distrito Federal – Brasil, jojeandanetienne@gmail.com

⁶Universidade Estadual de Campinas, São Paulo – Brasil, lucord@unicamp.br

⁷Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro, São Paulo – Brasil, alefernandes1966@yahoo.com.br

⁸Universidade Estadual de Campinas, São Paulo – Brasil, g234662@dac.unicamp.br

⁹Universidade de Brasília, Distrito Federal – Brasil, patriciasmesquita@gmail.com

¹⁰University of Victoria, British Columbia – Canadá, germanos@uvic.ca

¹¹Universidade de Évora, Évora – Portugal, hnovais@uevora.pt

¹²Universidade de Évora, Évora – Portugal, aimendes@uevora.pt

¹³Universidade de Évora, Évora – Portugal, mmorais@uevora.pt

¹⁴Universidade de Brasília, Distrito Federal – Brasil, carlos.h.saito@hotmail.com

Recebido:

30 de março de 2026

Recebido no formato de revisão:

05 de junho de 2026

Aceito:

10 de julho de 2026

Disponível online:

02 de outubro de 2026

Seção:

Artigos

Palavras-chave:

Gestão integrada de recursos hídricos.
Global Water Partnership.
Impactos ambientais.
Legislação ambiental.
Mapas conceituais.

Keywords:

Environmental impacts.
Environmental law.
Integrated water resources
management.
Global Water Partnership.
Concept maps.

RESUMO

Quase metade da população mundial depende das águas subterrâneas. Entretanto, sua recarga é naturalmente lenta, tornando alguns aquíferos, na prática, um recurso não renovável em escala humana. Apesar disso, a “invisibilidade” das águas subterrâneas contribui para a baixa percepção social e desafios na formulação e aceitação de instrumentos regulatórios. Este estudo investigou 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), considerando conflitos percebidos, práticas de uso do solo e posicionamentos relacionados à gestão e aos instrumentos regulatórios voltados à proteção dos aquíferos. A pesquisa foi conduzida por questionário semiestruturado, elaborado com base na Caixa de Ferramentas IWRM Toolbox da Global Water Partnership, estruturada nos pilares: ambiente propício, instituições e participação, instrumentos de gestão e financiamento. Os dados (n = 132) foram coletados entre janeiro e maio de 2024, com garantia de anonimato e conformidade ética. As análises combinaram estatística descritiva, cruzamentos entre perfil e percepções com teste do qui-quadrado e coeficiente V de Cramér, além de análise de conteúdo e mapas conceituais para respostas abertas. Os resultados sugerem consenso sobre a necessidade de proteção legal, planejamento técnico e investimento institucional. As principais pressões percebidas incluem saneamento deficiente, agricultura intensiva, atividades industriais/comerciais, captação irregular e urbanização desordenada. Em geral, os respondentes rejeitam a ideia de que regulamentações ambientais prejudicam o desenvolvimento, sugerindo um contexto favorável ao fortalecimento de instrumentos de gestão integrada e ordenamento territorial voltados à proteção de aquíferos.

<https://doi.org/10.14295/ras.v40i2.30403>



ABSTRACT

Nearly half of the world's population depends on groundwater. However, its recharge is naturally slow, making some aquifers, in practice, a non-renewable resource on a human scale. Despite this, the "invisibility" of groundwater contributes to low social awareness and challenges in the formulation and acceptance of regulatory instruments. This study investigated the perceptions of social actors and water resource users regarding the use, protection, and governance of groundwater in the municipalities of Bauru, Agudos, and Piratininga (SP), considering perceived conflicts, land use practices, and positions related to management and regulatory instruments aimed at protecting aquifers. The research was conducted using a semi-structured questionnaire, developed based on the Global Water Partnership's IWRM Toolbox, structured around four pillars: enabling environment, institutions and participation, management instruments, and financing. The data (n = 132) were collected between January and May 2024, with guaranteed anonymity and ethical compliance. The analyses combined descriptive statistics, cross-tabulations between profile and perceptions using the chi-square test and Cramer's V coefficient, as well as content analysis and concept maps for open-ended responses. The results indicate a high level of consensus on the need for legal protection, technical planning, and institutional investment. The main perceived pressures include poor sanitation, intensive agriculture, industrial/commercial activities, irregular water extraction, and disordered urbanization. In general, respondents reject the idea that environmental regulations hinder development, suggesting a favorable context for strengthening integrated management instruments and territorial planning aimed at protecting aquifers.

1. INTRODUÇÃO

Quase metade da população mundial depende de fontes de água subterrânea tanto para o abastecimento de água potável como para outros usos. No entanto, a água subterrânea tem por natureza uma taxa de recarga muito lenta, e o tempo médio de residência de alguns aquíferos pode chegar a centenas ou mesmo milhares de anos. Quando esse tempo de residência antecede o início do Holoceno (aproximadamente 12.000 anos a.C.), essa água subterrânea é chamada de fóssil (Bierkens; Wada, 2019). Ou seja, quando a água é extraída de um aquífero desse tipo, levará tanto tempo para retornar ao volume original armazenado que significa, na prática, numa escala de tempo humana, que é uma fonte que se esgota sem poder ser recarregada para novo uso (Oki; Kanae, 2006). Decorre disso a crescente preocupação com a gestão de águas subterrâneas. Uma das preocupações concernentes ao seu uso sustentável diz respeito à sua interação com as águas superficiais, demandando, portanto, uma gestão conjunta (Van der Gun, 2020).

Uma das razões para esta abordagem, resulta da interconectividade da água, independentemente dos ecossistemas que a incluem, o que justifica serem tratados como um único recurso (Winter *et al.*, 1998). Primeiramente, é importante compreender a conexão existente entre as águas subterrâneas e as águas superficiais em uma bacia hidrográfica típica, em que o rio alimenta o aquífero (neste caso, perdendo água, sendo chamado de rio influente) ou recebendo água do aquífero (ganhando água, sendo chamado de rio efluente). Sob condições de intensa precipitação, o escoamento superficial e subsuperficial aumentam gradativamente, resultando num aumento de pressão em trechos inferiores dos rios, podendo levar os rios a passarem da condição de rios efluentes para rios influentes, promovendo infiltração nas margens e recarga de aquíferos (Sophocleous, 2002). A interação entre águas subterrâneas e superficiais varia amplamente dependendo das características da bacia hidrográfica e fatores físicos intervenientes, como volumes e regime de chuvas, geologia, uso da terra, topografia e vegetação (Marques *et al.*, 2020).

Em decorrência dessas interações com as águas superficiais e do seu relativo confinamento, as águas subterrâneas desempenham um papel vital na adaptação humana a mudanças climáticas (Amanambu *et al.*, 2020) ao atuarem como uma fonte estratégica de abastecimento diante da variabilidade hidrológica e do aumento da pressão sobre os recursos hídricos superficiais. Apesar das interações, elas são pouco perceptíveis pela sociedade e pelos gestores de políticas públicas devido à difícil visualização, monitoramento e avaliação quanto à sua disponibilidade, qualidade e capacidade de recarga (Lall; Josset; Russo, 2020). Essa invisibilidade física é acompanhada por lacunas de dados, incertezas técnicas e respostas lentas dos sistemas aquíferos, o que dificulta a percepção tempestiva dos impactos da superexploração e da contaminação, enfraquecendo os incentivos para

a adoção de políticas preventivas e de longo prazo (Lall; Josset; Russo, 2020). Soma-se a isso o baixo nível de conscientização e engajamento social, uma vez que o abastecimento de água é frequentemente percebido como um serviço garantido, reduzindo a pressão política para priorizar a gestão das águas subterrâneas (Bendz; Boholm, 2019).

Nesse contexto, o conceito de águas subterrâneas como “águas invisíveis” tem sido amplamente utilizado para evidenciar o contraste entre a crescente dependência desse recurso e sua limitada visibilidade social e política. Além de dificultar a compreensão pública sobre sua importância e vulnerabilidade, essa condição pode contribuir para a invisibilização de conflitos, disputas de interesse e assimetrias de poder relacionadas ao seu uso e proteção. Tal cenário favorece a aceleração dos processos de depleção e poluição, com potenciais impactos econômicos, ambientais e sociais significativos caso a governança não seja fortalecida (Megdal, 2018; Hannah *et al.*, 2022).

Reconhecendo esse desafio, a ONU, por meio da UN-Water, adotou o tema “Groundwater: making the invisible visible” no Dia Mundial da Água de 2022, promovendo iniciativas voltadas ao fortalecimento da interface entre ciência, políticas públicas e prática, bem como à ampliação da consciência sobre o papel das águas subterrâneas no cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e na adaptação às mudanças climáticas (United Nations, 2022). Em um cenário marcado pelo aumento da contaminação e baixa capacidade de recarga, o seu uso torna-se mais crítico e requer uma gestão consciente, o que constitui um desafio, tendo em consideração que ela é pouco conhecida pela sua própria invisibilidade.

Considerando a crescente dependência das águas subterrâneas em diversos municípios paulistas e os desafios relacionados à sua gestão sustentável, este trabalho busca 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). A pesquisa investigou percepções relacionadas aos conflitos associados ao uso das águas subterrâneas, sua interação com práticas de uso e ocupação do solo e os posicionamentos dos participantes sobre instrumentos legais e regulatórios voltados à proteção dos aquíferos. Ao priorizar a dimensão perceptiva e os processos de governança, o estudo procura contribuir para a compreensão dos desafios sociais, institucionais e territoriais envolvidos na gestão integrada das águas subterrâneas.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa possui caráter exploratório, descritivo e interpretativo, buscando compreender percepções, posicionamentos e interpretações de atores sociais e usuários de recursos hídricos sobre o uso, a proteção e a governança das águas subterrâneas. O estudo não teve como objetivo produzir diagnósticos hidrogeológicos ou comprovar empiricamente impactos ambientais específicos, mas analisar percepções sociais relacionadas aos riscos, conflitos, instrumentos de gestão e desafios associados à proteção dos aquíferos nos municípios investigados.

A abordagem adotada fundamenta-se na compreensão de que a percepção social constitui dimensão relevante nos processos de governança ambiental e gestão integrada de recursos hídricos (Freitas; Silva; Guedes, 2020), especialmente em contextos marcados pela baixa visibilidade das águas subterrâneas, disputas territoriais e necessidade de fortalecimento de instrumentos regulatórios. Nesse sentido, as análises realizadas possuem caráter interpretativo e não probabilístico, não tendo como finalidade a generalização estatística dos resultados para a totalidade da população dos municípios estudados.

Os três municípios contíguos têm uma forte relação com sistemas aquíferos, encontrando-se em partes de seus territórios os sistemas aquíferos Bauru, Guarani e Serra Geral, de grande importância para o abastecimento público destes municípios. O município de Bauru (parcialmente) e de Agudos (em sua totalidade) situam-se no território da Bacia Hidrográfica do Tietê-Batalha (BH-TB), enquanto a outra parte de Bauru e a totalidade de Piratininga encontram-se no território da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (BH-TJ) (SIGRH, 2022a; 2022b). De acordo com o IBGE (2022), com base em dados do censo demográfico de 2022, o município de Bauru conta com uma população estimada em 379.146 habitantes em um território de 667,68 km². Suas atividades econômicas principais são o comércio e a prestação de serviços, contando também com três distritos industriais. O município de Agudos tem uma população de 37.680 habitantes, com um território de 966,70 km². Sua atividade econômica principal é

a agricultura e a pecuária, apesar de possuir atividades industriais. O município de Piratininga tem um território de 402,40 km², e uma população de 15.108 habitantes, tendo como principal atividade econômica a agricultura e o turismo.

A metodologia utilizada na construção do questionário se baseou na estrutura da Caixa de Ferramentas IWRM Toolbox para Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH, IWRM em inglês) da Global Water Partnership (GWP), empregada neste estudo como um referencial conceitual e de classificação, e não como um protocolo operacional rígido, considerando 4 componentes ou pilares básicos, interconectados. A literatura indica que, em pesquisas empíricas, a Caixa de Ferramentas IWRM Toolbox é majoritariamente utilizada como um meta-framework normativo para organizar análises sobre ambiente propício, instituições e participação, instrumentos de gestão e financiamento, permitindo a identificação de lacunas e fragilidades na governança da água (Cerezini *et al.*, 2025; Global Water Partnership, 2001; Megdal, 2018).

Dessa forma, cada seção do questionário abordou aspectos-chave da gestão de recursos hídricos subterrâneos, alinhando-se aos pilares recorrentes da GIRH empregados em estudos aplicados, como participação social, instrumentos de gestão, planejamento em escala hidrográfica e objetivos de equidade e proteção ambiental (Mostert; Craps; Pahl-Wostl, 2008; Foster; Ait-Kadi, 2012; Benson; Gain; Giupponi, 2019). As perguntas foram adaptadas para o contexto local, prática amplamente recomendada na aplicação da GIRH em escalas municipais e subnacionais, visando coletar informações detalhadas e relevantes para compreender conflitos e desenvolver soluções eficazes a partir das percepções dos atores diretamente envolvidos (Global Water Partnership, 2001).

A Caixa de Ferramentas IWRM ToolBox da GWP é uma caixa de ferramentas para a gestão integrada dos recursos hídricos, disponível de forma gratuita em uma plataforma de livre acesso (<https://iwrmactionhub.org/learn/iwrmtools>), baseada no conhecimento acumulado tanto pela ciência como pela experiência prática de gestores de água do mundo todo, que propicia uma melhor compreensão dos aspectos multidisciplinares de governança da água e as questões legais, abordagens participativas e técnicas de resolução de conflitos (Saito, 2019). Esta ferramenta: a) incorporar às políticas, estrutura legislativa e às estruturas de financiamento e incentivo na gestão de recursos hídricos; b) auxilia na construção de uma estrutura organizacional, assim como na capacitação institucional; c) favorece o processo de tomada de decisão para a gestão dos recursos hídricos (Cerezini *et al.*, 2025; Thalmeinerova *et al.*, 2017).

Esta Caixa de Ferramentas procura organizar as situações de gestão de água em 4 componentes ou pilares básicos: A. Ambiente propício ou facilitador; B. Instituições e participação; C. Instrumentos de Gestão; D. Financiamento. A abordagem estruturada na Caixa de Ferramentas IWRM Toolbox visou identificar padrões, lacunas e oportunidades na gestão das águas subterrâneas, permitindo comparações entre contextos e regiões. Isso também apoia a estratégia de identificar temas de conflito por meio da percepção dos atores sociais, orientando a construção de uma matriz que auxiliará a produção de material educativo para dialogar com esses atores, visando o estabelecimento de regulamentação municipal para a proteção das águas subterrâneas.

O formulário Survey foi construído a partir de um roteiro semiestruturado para coleta de dados, de forma a obter informações qualitativas e quantitativas acerca das opiniões dos atores envolvidos, abordagem amplamente utilizada em estudos de governança ambiental e gestão de recursos hídricos para captar percepções, experiências e posicionamentos de diferentes grupos sociais e institucionais.

A etapa da coleta de dados compreendeu o envio de e-mail com todas as orientações e condições de participação na pesquisa, juntamente com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os dados foram coletados entre 24/01/2024 e 13/05/2024. Ressalta-se que a pesquisa garantiu o anonimato e sigilo dos participantes, tendo as respostas tratamento de forma confidencial, garantindo-se que nenhuma informação identificável seja divulgada, com o compromisso de proteger a privacidade e garantir que a participação fosse conduzida com integridade e ética, conforme as orientações e restrições colocadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNICAMP (CAAE: 74026923.6.1001.8142).

A partir de janeiro de 2024, foram enviados os TCLE aos atores sociais identificados e selecionados. Os que participaram da pesquisa, devolveram o TCLE assinado, receberam o link de acesso ao questionário na plataforma

Google Forms®. A demora na devolução do TCLE e a ausência de respostas exigiram a adoção de estratégia complementar com abordagem direta do público-alvo dos questionários durante o trabalho de campo em abril de 2024. Por fim, os resultados foram tratados tanto a partir de uma abordagem quantitativa como qualitativa.

A amostra foi composta por participantes selecionados de forma não probabilística e intencional, buscando contemplar atores sociais, usuários de recursos hídricos e representantes de diferentes setores com atuação direta ou indireta relacionada à temática ambiental e hídrica nos municípios estudados. Foram incluídos participantes com diferentes níveis de escolaridade, áreas de formação, vínculos institucionais e experiências profissionais, permitindo captar a diversidade de percepções sobre o uso, a proteção e a governança das águas subterrâneas.

Inicialmente, os participantes foram convidados por meio de contatos institucionais e envio eletrônico do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Diante da baixa taxa inicial de retorno, adotou-se posteriormente uma estratégia complementar de abordagem direta em atividades de campo realizadas nos municípios estudados. Embora essa combinação de estratégias tenha ampliado o alcance da pesquisa, reconhece-se que ela pode introduzir diferenças de perfil entre os participantes recrutados por distintos meios, configurando uma limitação metodológica do estudo.

Considerando o caráter exploratório da pesquisa e a natureza não probabilística da amostra, os resultados não devem ser interpretados como estatisticamente representativos da população total dos municípios analisados, mas como indicativos de tendências perceptivas e posicionamentos de grupos sociais relacionados à temática investigada.

2.1. Caracterização dos participantes

A escolha por uma amostra direcionada justifica-se pelo objetivo da pesquisa, que não buscou representar estatisticamente a população em geral, mas reunir percepções qualificadas de atores com maior potencial de compreender, opinar e contribuir para o debate sobre a gestão integrada das águas subterrâneas. Nesse sentido, priorizaram-se respondentes com maior escolaridade, atuação profissional, vínculo institucional ou alguma relação com temas ambientais, territoriais ou de recursos hídricos, por se tratar de um público com maior possibilidade de interação com processos decisórios, técnicos, educativos ou participativos relacionados à gestão da água.

A participação em instâncias formais do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), como comitês de bacia, câmaras técnicas ou conselhos, não foi adotada como critério obrigatório de inclusão na amostra. Entretanto, essa variável foi incorporada ao perfil dos respondentes por permitir identificar o grau de aproximação dos participantes com os espaços institucionais de gestão das águas. Assim, a pesquisa considerou tanto atores formalmente inseridos no sistema de gestão quanto sujeitos com atuação profissional, institucional ou territorial relevante, reconhecendo que a melhoria da gestão integrada da água depende não apenas dos representantes que participam das instâncias oficiais, mas também de diferentes setores da sociedade que produzem conhecimento, utilizam recursos hídricos, influenciam decisões ou vivenciam os efeitos das políticas públicas no território.

Para a caracterização dos respondentes ao questionário, foram selecionadas variáveis categóricas referentes à formação acadêmica, experiência profissional, vínculo institucional e área de atuação. Essas variáveis incluíram escolaridade, área principal de formação, tempo de atuação em recursos hídricos, setor institucional representado, participação no SINGREH e município de residência ou atuação.

As respostas foram organizadas em uma planilha específica contendo exclusivamente os dados de perfil, identificados de forma anonimizada por meio de um código numérico atribuído a cada participante. As análises foram realizadas no software R, por meio de tabelas de frequência e visualizações gráficas (gráficos de barras horizontais e verticais), com o objetivo de descrever a distribuição das categorias e facilitar a compreensão da composição amostral. Os gráficos foram gerados com o pacote *ggplot2*, e as tabelas de frequência exportadas em formato .csv, de forma a garantir a replicabilidade dos procedimentos analíticos.

2.2. Cruzamento entre perfil e percepções

Com o objetivo de investigar possíveis associações entre o perfil dos participantes e suas percepções sobre a gestão e proteção das águas subterrâneas, foi realizado um cruzamento entre variáveis sociodemográficas dos respondentes (como escolaridade, setor de atuação e tempo de experiência profissional) e as respostas às afirmações de natureza opinativa contidas no questionário aplicado.

As variáveis foram tratadas como categóricas e organizadas em tabelas de contingência, permitindo a comparação entre grupos e a identificação de padrões de resposta. Para verificar a existência de associações estatisticamente significativas entre os perfis e as percepções expressas, foi utilizado o teste do qui-quadrado de independência (χ^2), um método não paramétrico amplamente empregado para avaliar se a distribuição de uma variável categórica difere em função das categorias de outra variável (Franke; Ho; Christie, 2012; McHugh, 2013; Zibran, 2007). Esse teste é robusto, não exige pressupostos de normalidade ou homogeneidade de variâncias e é adequado para dados nominais em estudos com múltiplos grupos (Faherty, 2007; Urdan, 2016).

Complementarmente, a força das associações foi mensurada pelo coeficiente de Cramér (Cramér's V), especialmente apropriado para tabelas de contingência maiores que 2x2 e interpretado de forma análoga a um coeficiente de correlação, embora seus valores sejam tendencialmente mais baixos mesmo em associações fortes (Leonard, 1985; Goodman, 1985). A interpretação dos valores seguiu faixas comumente utilizadas: 0,10 a 0,29 (fraca), 0,30 a 0,49 (moderada) e $\geq 0,50$ (forte) (Franke; Ho; Christie, 2012; Knapik et al., 2024).

Foram realizados 42 cruzamentos entre variáveis de perfil e percepção. Considerando o caráter exploratório da análise e o objetivo de identificar possíveis padrões de associação entre as variáveis investigadas, não foram aplicadas correções para múltiplas comparações (por exemplo, Bonferroni, Holm ou FDR). Dessa forma, os resultados foram interpretados conjuntamente com a magnitude das associações estimada pelo coeficiente V de Cramér, sendo priorizadas para discussão aquelas que apresentaram significância estatística e magnitude moderada ou superior.

A visualização dos resultados foi realizada por meio de gráficos de barras empilhadas, recurso recomendado para evidenciar a distribuição relativa das respostas entre grupos e facilitar a interpretação dos padrões revelados pelas tabelas de contingência (Knapik et al., 2024). Todas as análises foram conduzidas na linguagem R, com os pacotes stats (teste qui-quadrado) e lsr ou rcompanion (Cramér's V). O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

2.3. Análise qualitativa

Para as perguntas do questionário com respostas abertas, buscou-se avaliar as opiniões dos respondentes por meio da análise de conteúdo, que é um método para descrever o significado de material qualitativo de forma sistemática a partir da análise categorial. Essa análise categorial corresponde ao trabalho de organização de segmentos desse conteúdo (as respostas abertas do questionário) em categorias que compartilham uma mesma ideia ou significado (Bardin, 1977). As categorias são definidas ex-post, ou seja, posteriormente à leitura flutuante (leitura inicial), emergindo das respostas apresentadas, à luz das questões que refletem as temáticas de importância oriundas da estrutura da Caixa de Ferramentas IWRM Toolbox da GWP. Para a codificação das categorias, seguiram-se as mesmas três etapas recomendadas por Saito (2022) para o processo de agrupamento de palavras: 1) identificar as versões singulares e plurais da mesma palavra; 2) agrupar a mesma raiz da palavra; e 3) analisar palavras que expressavam ideias semelhantes.

As categorias foram posteriormente revisadas e consolidadas com o objetivo de reduzir redundâncias e ampliar a consistência interpretativa da análise. Considerando o caráter exploratório da pesquisa, a análise qualitativa teve como finalidade compreender tendências perceptivas e sentidos atribuídos pelos participantes às problemáticas relacionadas às águas subterrâneas, e não produzir inferências generalizáveis ou relações causais.

As frequências apresentadas nas tabelas qualitativas referem-se ao número de menções associadas a cada categoria temática. Como uma mesma resposta poderia conter referências a mais de uma categoria, o total de menções pode ser superior ao número de participantes. Os percentuais foram calculados com base no total de menções categorizadas em cada questão.

Dentro da análise qualitativa, realizou-se também uma modelagem conceitual com apoio de mapas conceituais. A modelagem conceitual nos ajuda a compreender as interdependências entre fenômenos e processos que produzem as diversas situações que se caracterizam como problemas socioambientais. Uma das ferramentas mais utilizadas para modelagem são os mapas conceituais.

O mapa conceitual é um diagrama capaz de indicar relações entre conceitos, ou entre palavras utilizadas para representar tais conceitos (Moreira, 1998), demonstrando, em seu conjunto, a dinâmica de processos, representando uma regularidade percebida (padrões) em eventos ou objetos, ou conjunto de eventos ou objetos, nominados por um termo (Heemskerk; Wilson; Pavão-Zuckerman, 2003; Novak; Cañas, 2007). É um recurso didático que vem sendo bastante utilizado para comunicar o entendimento de processos ambientais e socioambientais, tanto para leigos como para tomadores de decisão, sendo capaz de proporcionar a visualização de interações e mesmo de confronto entre visões diferentes acerca dos mesmos processos (Saito, 2017).

Inicialmente, foram elaborados mapas conceituais preliminares relacionados aos quatro pilares da Caixa de Ferramentas IWRM Toolbox. Posteriormente, esses conteúdos foram integrados em um mapa conceitual síntese, apresentado nos resultados, buscando representar de forma articulada os principais problemas, conflitos percebidos e dimensões da governança das águas subterrâneas identificados pelos participantes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidas respostas de 132 participantes, majoritariamente com formação superior e sem atuação na área de recursos hídricos. A Figura 1 apresenta a distribuição da escolaridade declarada, com predominância de respondentes com Ensino Superior ($n = 87$), seguido por Ensino Médio ($n = 21$) e Doutorado ($n = 13$). Também foram registrados participantes com Mestrado ($n = 5$), Pós-Doutorado ($n = 4$) e Especialização ($n = 2$), indicando uma diversidade de níveis formativos entre os respondentes.

A Figura 2 mostra a distribuição quanto ao tempo de atuação na área de recursos hídricos. Observa-se que a maioria declarou não atuar diretamente na área ($n = 98$), o que sugere um envolvimento indireto ou interesse transversal no tema das águas subterrâneas. Entre os que atuam, 14 afirmaram ter mais de 20 anos de experiência, seguidos por 10 com menos de 5 anos, 4 com 15 a 20 anos, e 3 tanto entre 10 e 15 anos quanto entre 5 e 10 anos.

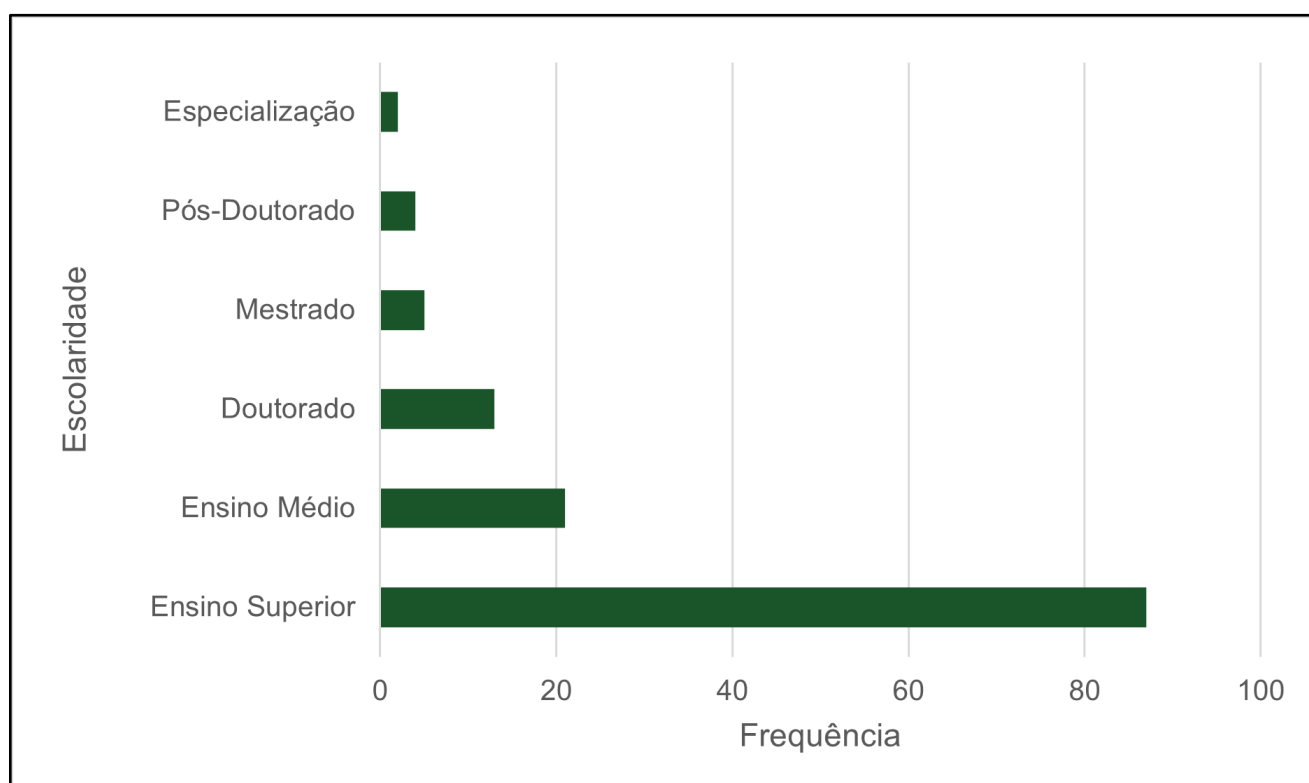


Figura 1. Distribuição da escolaridade dos participantes do questionário sobre a gestão das águas subterrâneas nos municípios de Bauru, Agudos e Piratininga ($n = 132$).

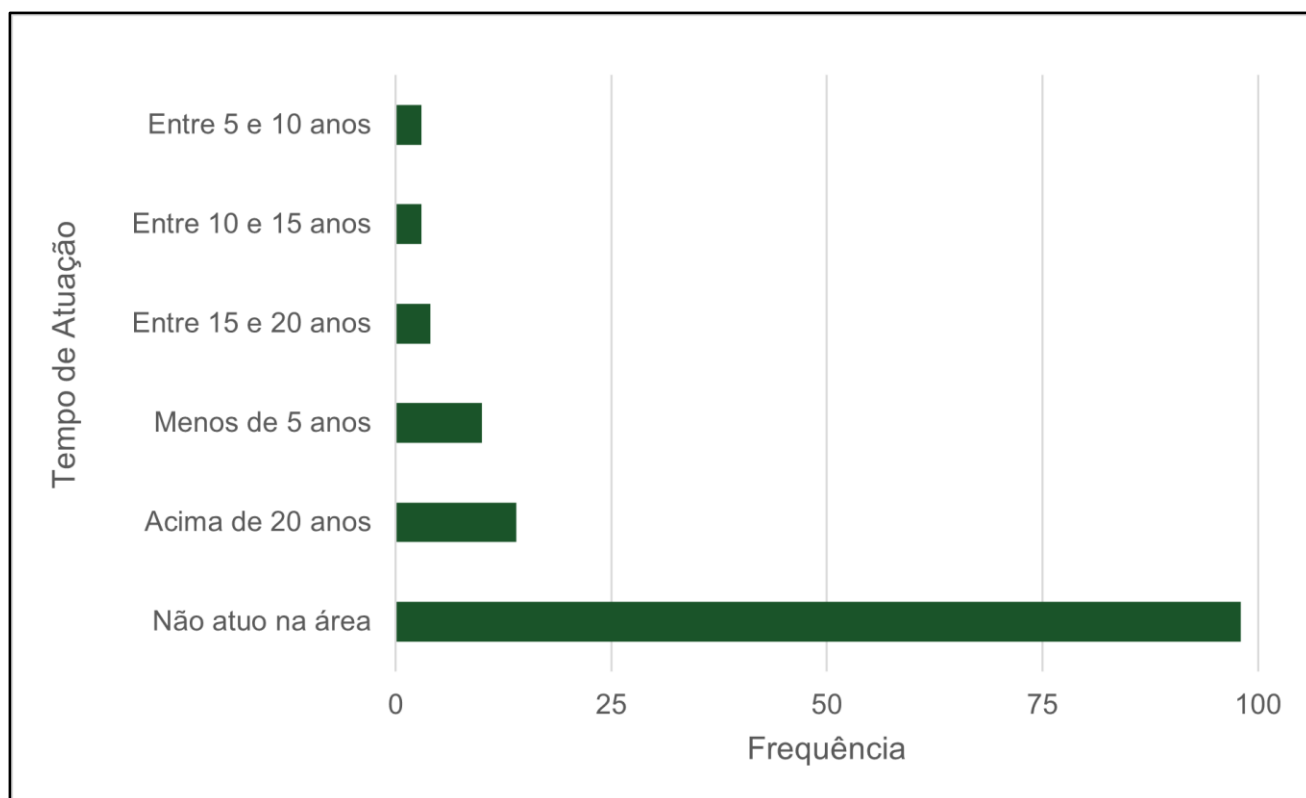


Figura 2. Tempo de atuação declarado pelos participantes na área de recursos hídricos (n = 132).

3.1. Cruzamento entre perfil e percepções

Com base nos cruzamentos realizados entre variáveis de perfil sociodemográfico (escolaridade, setor de atuação e tempo de experiência profissional) e as percepções dos respondentes sobre a gestão das águas subterrâneas, foram identificadas associações estatisticamente significativas em diversas questões do questionário. A análise utilizou o teste do qui-quadrado de independência, com nível de significância de 5%, complementado pelo cálculo do coeficiente de associação de Cramér (Cramér's V).

Dos 42 cruzamentos realizados, quatro questões apresentaram significância estatística ($p < 0,05$), e alcançaram valores de Cramér's V iguais ou superiores a 0,339 (questões 4, 5, 9 e 17), conforme detalhado na Tabela 1, indicando associação de magnitude moderada entre as variáveis analisadas.

Tabela 1. Cruzamentos com significância estatística ($p < 0,05$) e respectivos valores de associação (Cramér's V).

Questão	Descrição da questão	p-valor	Cramér's V	Grau de associação
Q17	Ferramentas de gestão	6,77E-13	0,438	Moderada
Q5	Leis e regulamentos são necessários	4,37E-10	0,437	Moderada
Q4	Nível de conhecimento sobre águas subterrâneas	3,46E-09	0,390	Moderada
Q9	Regras prejudicam o desenvolvimento	5,25E-06	0,339	Moderada

A questão Q17 ("Ferramentas de gestão") obteve o maior valor de associação (Cramér's V = 0,438), sugerindo uma relação moderada entre o perfil dos respondentes e sua percepção sobre a existência de instrumentos adequados para gestão das águas subterrâneas.

Em seguida, a questão Q5 ("As águas subterrâneas precisam ser protegidas por leis e regulamentações") também apresentou associação moderada (Cramér's V = 0,437) e foi explorada em dois cruzamentos visuais: com o nível de escolaridade (Figura 3) e com o tempo de experiência profissional (Figura 4). Ambos os gráficos apresentaram

clareza e nitidez, sendo adequados para interpretação e exposição dos dados. Os resultados sugerem uma tendência de maior concordância com a afirmação entre respondentes com pós-graduação (mestrado e doutorado) e entre aqueles com mais tempo de atuação na área, sugerindo que maior formação e experiência estão associadas a maior percepção sobre a importância da proteção legal das águas subterrâneas.

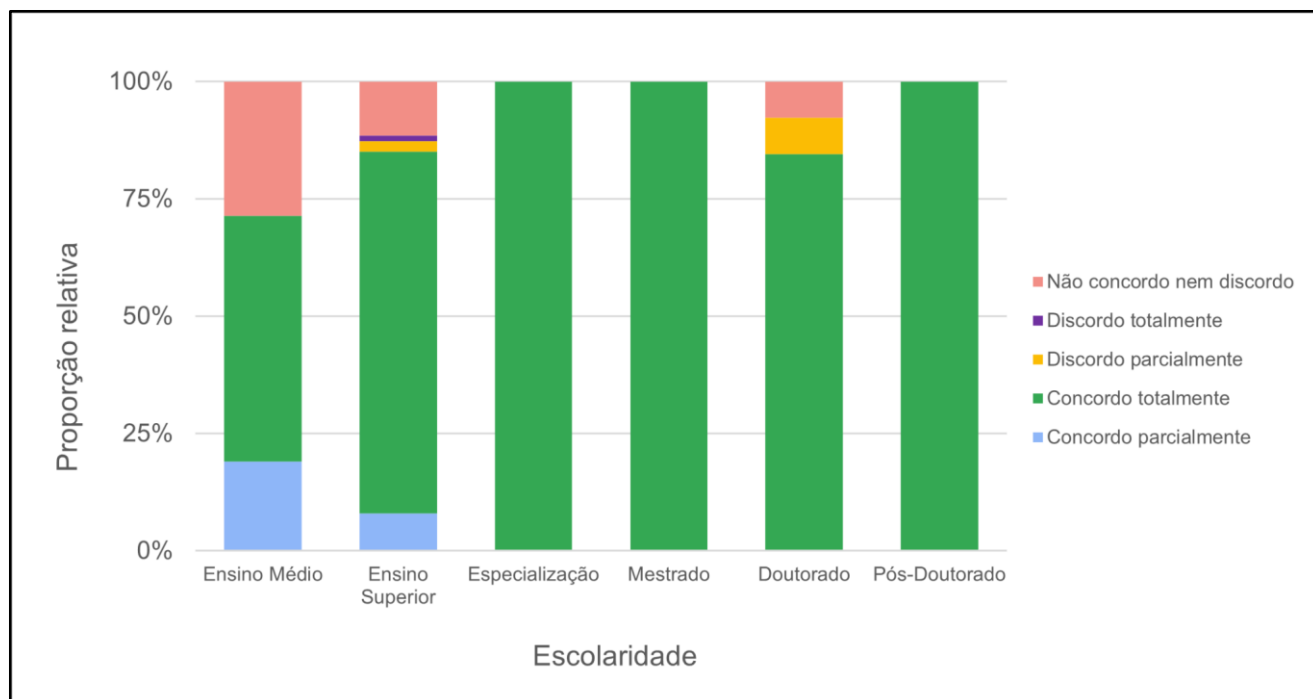


Figura 3. Cruzamento entre escolaridade e percepção sobre necessidade de leis e regulamentações para águas subterrâneas (Q5).

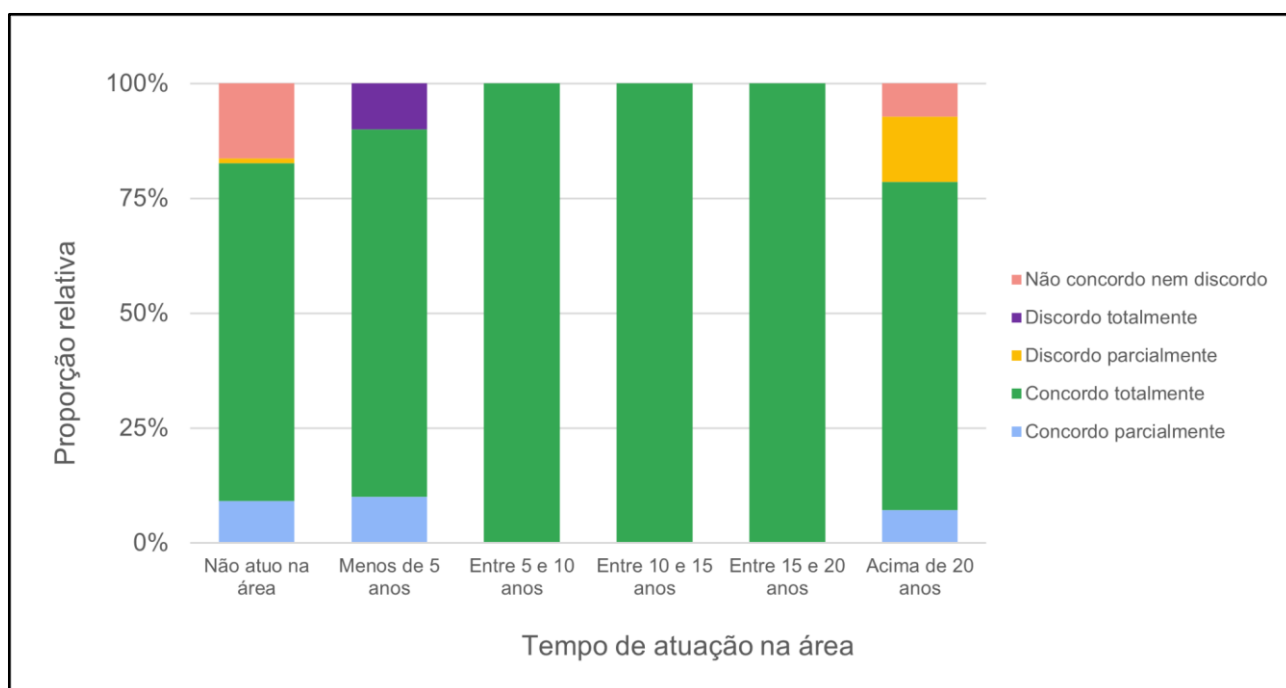


Figura 4. Cruzamento entre tempo de experiência e percepção sobre necessidade de leis e regulamentações para águas subterrâneas (Q5).

A questão Q4 ("Qual o seu nível de conhecimento em relação às águas subterrâneas?"), apresentou valor de $V = 0,390$, indicando associação fraca a moderada, mas ainda assim estatisticamente relevante. Por fim, a questão Q9 ("Você concorda que as regras e regulamentações prejudicam o desenvolvimento?") teve Cramér's $V = 0,339$, revelando associação fraca/moderada entre o setor de atuação e a percepção sobre impactos regulatórios.

O teste do qui-quadrado foi utilizado para avaliar associações entre variáveis categóricas. A literatura recomenda o uso de procedimentos alternativos, como o teste exato de Fisher, em situações com frequências esperadas reduzidas (Bagnato; Favaro; Ieva, 2010); contudo, tais procedimentos não foram aplicados neste estudo. Além disso, valores baixos de Cramér's V podem ocorrer mesmo quando o qui-quadrado é significativo, indicando que a associação pode ser apenas parcial ou influenciada por outros fatores (Franke; Ho; Christie, 2012).

3.2. Percepções dos participantes sobre atividades que impactam as águas subterrâneas

Pergunta 1. Você pode citar pelo menos uma atividade no município que afeta negativamente as águas subterrâneas?

As respostas obtidas sugerem uma diversidade de atividades e práticas percebidas pelos participantes como potencialmente associadas a impactos sobre as águas subterrâneas nos municípios analisados. A nuvem de palavras (Figura 5) geradas a partir das menções dos participantes destacam, em especial, os termos "aterro sanitário", "lixões", "postos de gasolina", "fertilizantes" e "esgoto", confirmando a recorrência desses problemas como principais ameaças identificadas (Quadro 1). Cabe ressaltar que possivelmente a ideia de aterro sanitário é aqui citada por confusão com aterro controlado.

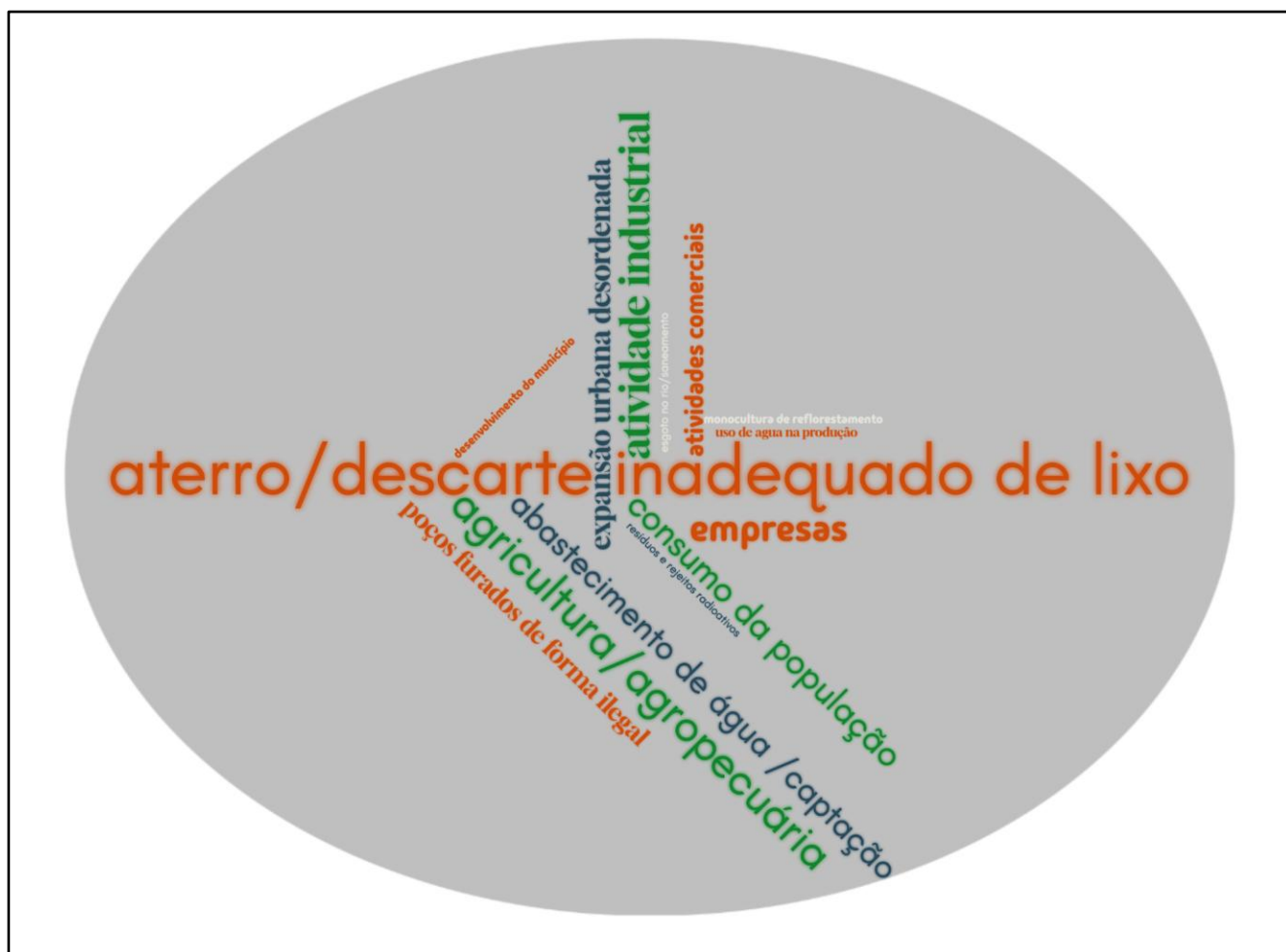


Figura 5. Nuvem de palavras sobre atividades no município que afetam negativamente as águas subterrâneas.

De acordo com a sistematização das respostas (Tabela 2), foi possível agrupar os impactos em categorias temáticas. O saneamento básico deficiente aparece como a categoria mais mencionada (34,3%), englobando situações como a ausência ou insuficiência do tratamento de esgoto, o lançamento *in natura* em corpos hídricos, o uso de fossas inadequadas, além da presença de lixões e aterros mal impermeabilizados. Esse conjunto de práticas foi percebido pelos participantes como uma importante fonte potencial de contaminação, que representa o maior risco de contaminação difusa e localizada dos aquíferos.

Quadro 1. Categorias de atividades percebidas como prejudiciais às águas subterrâneas e exemplos citados pelos participantes, conforme respostas à Questão 1.

Categoria	Exemplos citados
Saneamento básico deficiente gerando contaminação	Falta de tratamento de esgoto; Lançamento <i>in natura</i> em rios; Fossas inadequadas; Vazamentos em redes coletoras; Lixões e aterros mal impermeabilizados; Presença de lixo nas ruas; Descarte incorreto de óleo de cozinha; Resíduos da construção civil
Captação de água para abastecimento para consumo humano	Captação pública; abastecimento público e privado; estilo de consumo da população; distribuição de água e vazamentos; poços furados de forma ilegal
Atividades agrícolas, agropecuárias e silvicultura	Uso excessivo de fertilizantes; Uso de agrotóxicos; Agricultura intensiva e monocultivos (ex. eucalipto); Irrigação intensiva; Agropecuária sem planejamento
Atividades industriais e comerciais	Postos de combustíveis; Indústrias sem gestão de resíduos; Depósitos químicos; estabelecimentos que utilizam a água na produção
Gestão inadequada da água subterrânea	Captação irregular ou clandestina; Superexploração do aquífero; Poços perfurados sem rigor técnico; Poços desativados incorretamente; Dependência excessiva do abastecimento via poços tubulares
Uso e ocupação do solo	Urbanização desordenada; Expansão imobiliária sobre áreas de recarga; Impermeabilização do solo; Cemitérios em áreas vulneráveis; Falta de áreas verdes para infiltração; Plantios de eucalipto
Gestão pública e governança	Falta de planejamento na gestão hídrica; Falta de políticas de uso do solo; Procedimentos incompletos na gestão pública
Exemplos pontuais	Rio Bauru recebendo esgoto; Poluição do Rio Batalha; Aterros de Bauru mal impermeabilizados; Cemitérios e fossas contaminantes
Respostas negativas ou desconhecimento	Não sei; Não tenho conhecimento; Nenhuma de fato; Não

Em seguida, aparecem as atividades agrícolas e agropecuárias (17,1%) (Tabela 2), com destaque para o uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos, a irrigação em excesso e os plantios de eucalipto, associados tanto à contaminação química quanto à redução da disponibilidade hídrica. As atividades industriais e comerciais, particularmente os postos de combustíveis e indústrias sem manejo adequado de resíduos, foram citadas por 8,6% dos respondentes, reforçando a preocupação com fontes pontuais de poluição.

Tabela 2. Frequência absoluta e relativa das categorias de atividades percebidas como prejudiciais às águas subterrâneas, conforme respostas à Questão 1.

Categoria	Frequência (n)	Porcentagem (%)
Saneamento básico deficiente	12	34,3%
Atividades agrícolas e agropecuárias	6	17,1%
Atividades industriais e comerciais	3	8,6%
Gestão inadequada da água subterrânea	4	11,4%
Uso e ocupação do solo	4	11,4%
Gestão pública e governança	2	5,7%
Exemplos pontuais	3	8,6%
Respostas negativas ou desconhecimento	1	2,9%
Total	35	100%

Nota: Os percentuais referem-se ao total de menções identificadas nas respostas (n = 35), e não ao número de participantes, uma vez que cada respondente poderia mencionar mais de um tema.

Este diagnóstico converge com as principais fontes de contaminação de água superficiais e subterrâneas apontadas por Hirata e Suhogusoff (2019) e Lall, Josset e Russo (2020): fertilizantes e pesticidas, solventes e combustíveis, produtos químicos usados na indústria, mineração, produção de energia e comércio, além de produtos farmacêuticos e patógenos introduzidos por meio de dejetos humanos. Lall, Josset e Russo (2020) afirmam, inclusive, que a contaminação em si de corpos hídricos tornou-se endêmica em nossa civilização em face da dependência dos recursos hídricos para o desenvolvimento das atividades humanas.

Além da poluição, aparece nas respostas à problemática da superexploração das águas subterrâneas, especialmente relacionada à irrigação intensiva. De acordo com Ghoochani *et al.* (2023), a extração de água de poços semi-profundos e profundos tornou-se mais comum entre as práticas agrícolas intensivas em água, com o intuito de promover ganhos de curto prazo na produtividade e rentabilidade agrícola. No entanto, para estes autores, tal prática vem ocorrendo na ausência de consciência de que essa extração de alto volume de água subterrânea pode levar a um esgotamento crônico dos recursos hídricos a longo prazo, em que a taxa de esgotamento excede a de reposição, vindo a se tornar a causa principal de muitas consequências negativas sociais, econômicas e ambientais. No Brasil, esse debate tem ganhado destaque na região do MATOPIBA, especialmente no Oeste da Bahia, onde a expansão da agricultura irrigada e o aumento das captações de águas superficiais e subterrâneas têm intensificado conflitos entre o agronegócio, municípios e comunidades tradicionais, evidenciando disputas pelo acesso à água e pelos impactos sobre os sistemas hidrológicos locais (Bonfim, 2019; Salles, 2023).

A gestão inadequada da água subterrânea foi percebida pelos respondentes como um dos fatores de preocupação (11,4%), com menções a práticas de superexploração do aquífero, perfuração de poços sem critérios técnicos ou em situação irregular, e captação clandestina. Já os problemas relacionados ao uso e ocupação do solo (11,4%) concentram-se em processos que afetam as áreas de recarga e a qualidade das águas subterrâneas, tanto em ambientes urbanos quanto rurais. Entre eles destacam-se a urbanização desordenada, a impermeabilização excessiva do solo, a expansão imobiliária sobre áreas de recarga, a implantação de cemitérios em locais inadequados, bem como as transformações do uso da terra em áreas rurais, incluindo a expansão agrícola, a supressão da vegetação nativa e práticas produtivas que podem comprometer a infiltração da água e aumentar os riscos de contaminação dos aquíferos.

Questões ligadas à gestão pública e governança (5,7%) ressaltam a ausência de planejamento estratégico e de políticas eficazes para a proteção das águas subterrâneas. Além disso, alguns respondentes trouxeram exemplos pontuais (8,6%), como a poluição do rio Bauru e do rio Batalha, ambos receptores de esgoto, e a má gestão de aterros municipais. Considerando simultaneamente as citações de contaminação e fragilidades na gestão ambiental, é importante resgatar a discussão trazida por Foster, Hirata e Andreo (2013) de que os respondentes apontam para o que se convencionou como 'vulnerabilidade à poluição de aquíferos' (Margat, 1968), mas que, no entanto, o conceito apenas representa a sensibilidade de um aquífero de ser afetado negativamente por carga de contaminantes proveniente de atividades humanas na superfície, sem que isso necessariamente represente contaminação de fato. Ou seja, neste caso, essa vulnerabilidade corresponde a uma vulnerabilidade hidrogeológica, que se aborda do ponto de vista do recurso e suas características intrínsecas naturais e não das condições de uso do solo sob a ação humana (Trujillo *et al.*, 2023), que trata da exposição. Para Foster, Hirata e Andreo (2013), é admissível que um aquífero tenha alta vulnerabilidade, mas nenhum risco de poluição, dada a ausência de uma carga de contaminantes; ou ainda é possível que a carga de contaminantes seja controlada de acordo com a vulnerabilidade do aquífero à poluição. Em ambas as situações, a interveniência da gestão e do planejamento se torna crucial, e é uma via de atuação que, segundo os respondentes, também está falhando.

Em um cenário de crescente deterioração das águas superficiais e agravamento das mudanças climáticas, prevê-se aumento na extração de águas subterrâneas, cuja falha na governança (ou falta de), aliada ao uso irregular ou não regulamentado das águas subterrâneas (sem respeito ao instrumento de outorga), constitui uma ameaça real à segurança hídrica e à garantia do abastecimento público, vindo a comprometer a busca do acesso universal à água potável (Villar, 2016). Por fim, uma parcela menor (2,9%) afirmou não ter conhecimento suficiente para indicar atividades locais que afetassem as águas subterrâneas.

3.3. Análise das atividades que serão prejudicadas pelo cuidado com as águas subterrâneas

Pergunta 2. Você pode citar pelo menos uma atividade no município que é ou será prejudicada pelo cuidado excessivo com as águas subterrâneas?

Foram identificadas diferentes categorias de atividades e setores percebidos como potencialmente impactados pelas normas de proteção das águas subterrâneas (Quadro 2). O setor industrial aparece com menções diretas a frigoríficos, fábricas de bebidas, celulose e outras empresas que dependem da água em seus processos produtivos.

Quadro 2. Categorias de atividades percebidas como prejudicadas pelo cuidado com as águas subterrâneas e exemplos citados pelos participantes, conforme respostas à Questão 2.

Categoria	Exemplos citados
Percepção de que não há prejuízo / desconhecimento	"Não", "não sei", "não vejo atividade", "nenhuma atividade", "não tenho conhecimento", "não consigo pensar em nada", "o cuidado terá apenas benefícios", "não possuo clareza sobre a pergunta".
Aterro sanitário / Resíduos / Saneamento	Aterro sanitário, descarte irregular de resíduos, lixo nas ruas, disposição inadequada de resíduos líquidos, esgoto, modernização da rede de esgoto, resíduos radioativos, geradoras de resíduos.
Agricultura e agropecuária	Agricultura irrigada, agronegócio, agroindústria, uso de águas subterrâneas para irrigação, restrições ao uso agrícola da água, monoculturas, uso de agrotóxicos, redução da produção agrícola.
Indústria, empresas e atividades econômicas	Frigoríficos, fábricas de bebidas, indústria de celulose, empresas que utilizam água subterrânea nos processos produtivos, setor industrial regional, atividades comerciais.
Abastecimento público e consumo	Abastecimento público e privado, abastecimento doméstico, poços artesianos, distribuição de água, abastecimento de bairros periféricos, aumento de tarifas, revezamento de água.
Uso do solo, setor imobiliário e ordenamento urbano	Especulação imobiliária, expansão urbana desordenada, zoneamento urbano, restrições ao uso do solo, proteção de áreas de recarga, impermeabilização do solo, proteção de poços.
Qualidade de vida / estilo de vida	Mudanças no estilo de vida da população, impactos sobre hábitos de consumo, qualidade de vida urbana, desenvolvimento do município, mercado de trabalho e bem-estar da população.

A justificativa recorrente é a alta dependência da captação de água subterrânea, o que faz com que a indústria seja vista, ao mesmo tempo, como vulnerável a possíveis restrições de uso e como uma das maiores responsáveis pelo consumo, representando cerca de 12% das respostas (Tabela 5).

A agricultura, especialmente a agricultura irrigada e o agronegócio, também é amplamente citada (Tabela 5). As respostas destacam a dependência de poços para irrigação e o risco de restrições no uso da água, indicando uma percepção clara de que mudanças normativas poderiam impactar de forma significativa a produção agrícola. Esse setor corresponde a aproximadamente 13% das respostas. Isso é muito condizente com a literatura, que aponta a agricultura como a maior consumidora de água subterrânea, ainda que menos sensível à qualidade de sua água (Burke; Moench, 2000). O abastecimento público e doméstico surge em menções relacionadas ao fornecimento de água pública e privada, captação pública, poços artesianos e bairros abastecidos por poços. Cerca de 11% das respostas indicam que parte da população percebe que medidas mais restritivas poderiam resultar em aumento de tarifas ou até em impactos no fornecimento de água (Tabela 5).

O setor imobiliário e o uso do solo aparecem associados à especulação imobiliária, ao zoneamento urbano e à expansão desordenada das cidades. Embora menos frequente, com cerca de 5 % das respostas, há a percepção de que normas voltadas à proteção das áreas de recarga poderiam limitar a expansão urbana e imobiliária. No entanto, o que precisa ser analisado não é a limitação da expansão urbana em si, mas sua expansão desenfreada, que representa uma ocupação irregular em áreas protegidas, levando a uma percepção de que a proteção de áreas especiais com objetivos ambientais acirra os conflitos entre a preservação do meio ambiente e o direito à moradia (Alvim; Kato; Rosin, 2015). No entanto, Mello-Théry e Correia (2009) assinalam que não são somente as classes mais pobres que ameaçam os limites de áreas protegidas, porque a especulação imobiliária

consegue obter alta lucratividade com os condomínios ou loteamentos de alto padrão, junto a áreas verdes preservadas em pequenas porções, seja nas encostas das serras ou em áreas de mananciais.

O tema do saneamento, dos aterros sanitários e da gestão de resíduos é recorrente, com muitas menções a aterros, descarte inadequado de esgoto e lixo, e até resíduos radioativos. Esse conjunto de respostas representa cerca de 16% do total e revela a percepção de que maior rigor nas normas exigiria mudanças significativas nas práticas do setor, o que é interpretado por alguns como prejuízo econômico. Para Foster e Ait-Kadi (2012), a urbanização tem uma relação íntima com as águas subterrâneas, sendo a interface de uso do solo e o nexo de saneamento especialmente críticos na relação entre urbanização e águas subterrâneas, exigindo um melhor planejamento urbano baseado em uma visão integrada. Para Hirata *et al.* (2019), a ausência de rede coletora ou vazamento de esgoto pelas redes coletoras existentes, bem como a má gestão dos resíduos sólidos, contribuem como as principais fontes de contaminação dos aquíferos. Estes autores conjecturam que o problema de contaminação de aquíferos urbanos pelo vazamento de esgotos das redes coletoras pode estar ocorrendo em praticamente todas as cidades brasileiras que tiveram instalação dessa infraestrutura anteriormente à década de 1990.

Por fim, há um grupo de respostas que menciona impactos no comércio e no emprego (12%), associando o cuidado com as águas subterrâneas à possível perda de empresas e postos de trabalho, além de visões mais amplas que relacionam um “excesso de normas” a entraves ao desenvolvimento municipal. Destaca-se ainda um número expressivo de respostas, superior a 40%, que afirmam não saber ou não perceber atividades afetadas, indicando falta de clareza sobre o tema ou negação da hipótese de impactos (Tabela 4).

A análise indica que a maioria dos respondentes não percebe o cuidado com as águas subterrâneas como prejudicial às atividades econômicas, associando-o majoritariamente a benefícios coletivos. Quando mencionados possíveis impactos, estes se concentram sobretudo nos setores agrícola, industrial e no abastecimento público, refletindo a dependência desses usos em relação às águas subterrâneas.

A expressão “cuidado excessivo” gerou diferentes leituras entre os participantes. Para uma parte dos respondentes, o termo foi compreendido como uma forma legítima e necessária de proteção ambiental, enquanto para outros foi interpretado como sinônimo de restrições negativas, capazes de limitar atividades econômicas e o desenvolvimento local. A interpretação da expressão “cuidado excessivo” pode ter variado entre os participantes, influenciando os padrões de resposta observados. Enquanto alguns respondentes associaram o termo a restrições regulatórias potencialmente prejudiciais a determinadas atividades econômicas, outros o interpretaram como sinônimo de proteção ambiental necessária. Essa multiplicidade de interpretações constitui uma limitação do instrumento de pesquisa e deve ser considerada na análise dos resultados.

Nesse contexto, as atividades mais frequentemente citadas como potencialmente prejudicadas por um maior rigor na proteção das águas subterrâneas foram as atividades relacionadas ao saneamento, aterros sanitários e gestão de resíduos, a agricultura e o agronegócio, o setor industrial e o comércio, e o abastecimento público. Esses setores aparecem associados, principalmente, à dependência direta da água subterrânea ou à necessidade de adaptação de práticas produtivas e de uso do solo.

Tabela 3. Frequência absoluta e relativa das categorias de atividades percebidas como prejudicadas pelo cuidado com as águas subterrâneas, conforme respostas à Questão 2.

Categoria	Frequência (n)	Percentual (%)
Percepção de que não há prejuízo / desconhecimento	57	42
Aterro sanitário/resíduos/saneamento	22	16
Agricultura e agropecuária	17	13
Indústria, empresas e atividades econômicas	16	12
Abastecimento público e consumo	15	11
Uso do solo, setor imobiliário e ordenamento urbano	7	5
Qualidade de vida / estilo de vida	2	1
Total	136	100%

Nota: Os percentuais referem-se ao total de menções identificadas nas respostas (n = 136), e não ao número de participantes, uma vez que cada respondente poderia mencionar mais de um tema.

Ao mesmo tempo, um número expressivo de participantes afirmou não perceber nenhuma atividade como prejudicada. Essa resposta pode indicar, por um lado, uma percepção ambiental mais positiva, que reconhece a proteção dos recursos hídricos como um benefício coletivo, ou, por outro, uma dificuldade de compreensão da pergunta ou do conceito de “cuidado excessivo” aplicado às águas subterrâneas (Tabela 3).

Na primeira hipótese, cria-se uma oportunidade para a proposição de políticas e instrumentos voltados à proteção dos aquíferos. Contudo, a transformação das demandas sociais em normas e políticas públicas não ocorre de forma automática, mas em um contexto de disputas entre diferentes interesses sociais, econômicos e políticos. Considerando que a elaboração e aprovação de leis envolvem atores institucionais como vereadores, deputados e senadores, frequentemente influenciados por distintos setores da sociedade e da economia, a incorporação de medidas de proteção ambiental depende também da capacidade de mobilização social, participação pública e incidência política dos grupos interessados na conservação dos recursos hídricos. Nesse sentido, a análise das questões relacionadas à gestão, apresentada na próxima seção, pode contribuir para aprofundar a compreensão sobre os desafios e oportunidades para a proteção dos aquíferos.

3.4. Gestão e governança e o papel da legislação protetora de águas subterrâneas

As análises quantitativas das nove questões fechadas do questionário sobre gestão e governança das águas subterrâneas foram conduzidas considerando a escala Likert de cinco pontos, variando de “Discordo totalmente” (1) a “Concordo totalmente” (5). A Questão 17, por possuir natureza distinta (nível de conhecimento), foi analisada separadamente.

Tabela 4. Percepções dos respondentes sobre proteção, governança e gestão das águas subterrâneas: médias, desvios-padrão e interpretação das respostas (Escala Likert; n = 132).

Questão	Média	Desvio- Padrão	Interpretação resumida
Questão 3 – O uso excessivo de água subterrânea afeta o estoque futuro das águas superficiais	3,86	1,10	Concordância moderada
Questão 5 – As águas subterrâneas precisam ser protegidas por leis e regulamentações	4,74	0,55	Alto consenso (forte concordância)
Questão 9 – Regulamentações ambientais prejudicam o desenvolvimento dos municípios	2,05	1,14	Discordância (baixa concordância)
Questão 11 – As instituições existentes são adequadas para promover a gestão sustentável	2,95	0,98	Neutra a levemente discordante
Questão 15 – A participação social melhora a formulação e execução de políticas	4,30	0,87	Concordância alta
Questão 19 – É favorável ao planejamento técnico e investimentos preventivos	4,67	0,68	Concordância alta
Questão 23 – A proteção da água subterrânea requer investimento e orçamento	4,46	0,84	Concordância alta
Questão 27 – Esforça-se para evitar desperdício e comunicar vazamentos	4,12	0,87	Concordância moderada-alta

Nota: "Para a Questão 9, menores valores indicam discordância com a percepção de que regulamentações ambientais prejudicam o desenvolvimento municipal.

Foi observado que as maiores médias estão associadas às Questões 5, 19 e 23, indicando alto nível de concordância quanto à necessidade de proteção legal, planejamento técnico e investimentos institucionais na gestão das águas subterrâneas (Tabela 4). Por outro lado, a Questão 9 apresentou a menor média (2,05), indicando discordância com a ideia de que as regulamentações ambientais prejudicam o desenvolvimento dos municípios.

As Questões 11 e 3 obtiveram médias intermediárias, refletindo percepções mais neutras ou moderadas quanto à adequação institucional e à relação entre águas subterrâneas e superficiais.

O conjunto das respostas às questões 3, 5 e 9 corrobora a hipótese aventada na seção anterior de que pode existir um contexto favorável para proposição de políticas e instrumentos que promovam maior proteção ambiental dos aquíferos. Considerar na análise de percepção a atenção sobre a relação entre a extração das águas subterrâneas e seu impacto sobre as atividades econômicas ou destas sobre os aquíferos, reforça a importância dos instrumentos de gestão contidos na estrutura da Caixa de Ferramentas IWRM Toolbox da GWP (Thalmeneirova *et al.*, 2017; Saito, 2019) como um pilar importante na gestão integrada de recursos hídricos, tal como preconizado por Cerezini *et al.* (2025).

Além disso, a alta concordância apresentada nas questões 19 e 23 sinaliza para o reconhecimento da importância da temática do financiamento na gestão integrada de recursos hídricos, exigindo das administrações municipais o devido comprometimento com parcelas do orçamento para esta finalidade, reforçando a importância deste como um pilar da gestão integrada de recursos hídricos, tal como se encontra presente na estrutura da Caixa de Ferramentas IWRM Toolbox da GWP (Saito, 2019). Além da alocação de orçamento, fica claro que a questão da proteção (questão 23) passa pelo monitoramento da qualidade de água subterrânea, ponto destacado como preocupação no levantamento feito por Cerezini *et al.* (2025). O monitoramento e a compreensão da dinâmica dos sistemas de águas subterrâneas em resposta às variações climáticas e à atividade humana (e, portanto, não apenas qualidade, mas quantidade) são essenciais para o desenvolvimento de estratégias de gestão adequadas e para a concretização de resultados sociais almejados (Lall; Josset; Russo, 2020). Contudo, tais atividades dependem da atuação articulada de órgãos gestores, instituições de pesquisa e diferentes níveis de governo, constituindo um desafio da governança dos recursos hídricos que transcende as atribuições das administrações locais.

São esses sistemas de monitoramento que vão permitir avaliar as tendências de depleção das águas subterrâneas e definir ações para sua sustentabilidade. Isto porque o monitoramento vai justamente fornecer os parâmetros para uma análise integrada capaz de considerar o uso conjunto de águas subterrâneas, mesmo as fósseis, e das águas superficiais, seja simultaneamente ou alternadamente (Van Der Gun, 2020). É o monitoramento da qualidade e quantidade da água que subsidia a demanda por regulamentações e flexibilidade para enfrentar a incerteza dos cenários climáticos, por meio de instrumentos de gestão e planejamento justamente orientados e calibrados por esse monitoramento (Pereira *et al.*, 2020).

Quando os respondentes apresentam alta concordância com as afirmativas das questões 5 e 19 (“As águas subterrâneas precisam ser protegidas por leis e regulamentações”, e “É favorável ao planejamento técnico e investimentos preventivos”, respectivamente) (Tabela 5), aponta-se para a centralidade do planejamento e gestão eficazes, que segundo Rörig, Hirata e Barbati (2024), requer: (i) quantificação de recursos, (ii) avaliação de estratégias de exploração com base em modelos numéricos, monitoramento hidráulico e geoquímico, e gestão adaptativa, (iii) análise dos custos e benefícios socioeconômicos em cenários de depleção, (iv) medidas para estender o uso ou aumentar o armazenamento do aquífero, como a recarga artificial de aquíferos (MAR), e (v) participação das partes interessadas. Este último aspecto também corrobora a alta concordância encontrada entre os respondentes quanto à afirmativa da questão 15 (“A participação social melhora a formulação e execução de políticas”, Tabela 5).

As respostas relacionadas à afirmativa da questão 5 apontam ainda para a importância de legislação específica voltada tanto para regulação das atividades de extração (outorgas) como de controle de emissões para minimizar a contaminação. O zoneamento das porções do território como instrumento de política pública pode ser usado para o controle quantitativo e a proteção da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos: o zoneamento com restrições de uso pode tanto servir para o controle da extração de água subterrânea como para proteger os aquíferos da contaminação, onde estes são altamente vulneráveis à poluição (Theesfeld, 2010), seja pela proximidade da superfície, seja por sua porosidade, como é o caso do Aquífero Bauru.

É importante lembrar que a proteção e a gestão das águas subterrâneas envolvem competências complementares dos diferentes entes federativos. Embora as águas subterrâneas sejam bens de domínio dos estados (Souza-Fernandes, 2019; Villar; Granziera, 2020), sua conservação depende da atuação articulada da União, dos estados e dos municípios. Os municípios possuem papel estratégico por serem responsáveis pelo ordenamento territorial

e pelo controle do uso e ocupação do solo (art. 30, inciso VIII, da CF/88), influenciando diretamente as áreas de recarga e os riscos de contaminação (Villar *et al.*, 2022). Já a União atua por meio da definição de normas gerais de proteção ambiental, da implementação de políticas nacionais e da fiscalização de aspectos relacionados à função socioambiental da propriedade rural, complementando as ações estaduais e municipais na proteção dos recursos hídricos subterrâneos.

Para Cuadrado-Quesada *et al.* (2024), há a necessidade de desenvolver leis, em âmbito nacional e internacional, que transformem práticas relacionadas à água, como a superexploração e a poluição, que foram normalizadas com base no regime jurídico existente, e de fornecer diretrizes claras para uma governança da água mais sustentável e equitativa, sugerindo, entre outras, a aplicação da abordagem do direito da natureza, ou seja, a natureza como sujeito de direito. Inclusive, Souza-Fernandes e Fernandes (2025) relatam a aplicação dessa nova abordagem de forma inédita, pelo município de Cambuquira, estado de Minas Gerais, que reconheceu, por força de lei, o Aquífero de Águas Carbogasosas como sujeito de direito, nos limites de seu território.

A neutralidade no perfil de respostas emitidas para a afirmativa da questão 11 ("As instituições existentes são adequadas para promover a gestão sustentável") sugere a inexistência de consenso ou mesmo falta de informação para opinar sobre o assunto. Essa situação aponta para a importância da educação ambiental que, partindo da problematização das formas de relacionamento da comunidade com o recurso hídrico e dos conflitos existentes em torno de sua exploração sobre os usos múltiplos, pode buscar promover práticas sociais baseadas na racionalidade e justiça, com consequente transformação da realidade pelas próprias comunidades (Berlinck *et al.*, 2003), permitindo fazer frente ao agravamento dos conflitos em face das mudanças climáticas (Saito; Germanos, 2024).

Particularmente no contexto atual, o papel da educação torna-se ainda mais central. Para Alley *et al.* (2016), é necessário superar a visão de que as águas subterrâneas são recursos ocultos e distantes da realidade cotidiana, favorecendo a indiferença em relação aos impactos que sofrem, numa lógica resumida pela expressão popular "o que os olhos não veem, o coração não sente". Essa perspectiva converge com a iniciativa das Nações Unidas de tornar as águas subterrâneas mais visíveis para a sociedade, reconhecendo que sua invisibilidade física frequentemente resulta em invisibilidade política e social (United Nations, 2022). Nesse sentido, os autores defendem a aproximação entre cientistas, gestores de recursos hídricos, formuladores de políticas e os diversos setores usuários da água para ampliar a conscientização e promover ações de proteção dos aquíferos. Contudo, para além da sensibilização dos usuários, a construção da sustentabilidade hídrica requer o envolvimento ativo da sociedade nos processos de tomada de decisão, planejamento e controle social das políticas públicas. Afinal, os impactos decorrentes da degradação ou da escassez das águas subterrâneas afetam diretamente a população, tornando fundamental sua participação na definição de prioridades, na fiscalização das ações e na construção de estratégias voltadas à segurança hídrica e à disponibilidade futura da água.

Se há um campo para avançar com a educação ambiental, esse padrão de respostas sobre a afirmativa da questão 11 indica também a necessidade de repensar, senão as instituições, pelo menos o seu papel e atuação, haja vista a presença de um grau de insatisfação e avaliação insuficiente quanto à sua eficácia. Essa realidade remete às respostas à afirmativa da questão 19 no que se refere à alta concordância com um adequado planejamento e gestão. Cerezini e Hanai (2023), ao identificarem os principais desafios e diretrizes para a gestão das águas no Brasil por meio de um Painel de Especialistas, destacam a insuficiente integração entre a gestão das águas superficiais, das águas subterrâneas e do uso e ocupação do solo. Segundo os autores, essa fragmentação decorre tanto da limitada articulação entre a política de recursos hídricos e outras políticas setoriais quanto da baixa integração entre os próprios instrumentos e instituições do setor hídrico. Esse diagnóstico converge com Foster e Ait-Kadi (2012), que apontam a fragmentação institucional como um dos principais obstáculos para uma gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos.

Finalmente, em relação à Questão 17, a maior parte das respostas foi classificada na categoria "Outros" (≈60%), possivelmente composta por respostas descritivas fora das opções padrão. Entre as categorias estruturadas, destaca-se o predomínio de conhecimento básico e moderado, seguido por uma menor proporção de respondentes com conhecimento aprofundado. Esse resultado sugere que, embora haja familiaridade geral com as ferramentas de gestão das águas subterrâneas, a expertise técnica ainda é restrita a um grupo menor de especialistas. Isso também é condizente com o perfil dos respondentes (Figura 2), em que a imensa maioria dos respondentes não atua na área. Ainda assim, o conjunto das respostas foi capaz de apontar uma percepção de

necessidade de um marco regulatório, cuja instituição não necessariamente prejudica as atividades econômicas. Os resultados sugerem que a percepção favorável à proteção legal não se restringiu aos respondentes com atuação direta na área, o que é um ponto positivo no sentido de apontar a existência de um terreno propício para o avanço da regulamentação ambiental.

3.5. Mapa conceitual a partir das percepções

A partir das respostas ao questionário aplicado e das discussões delas decorrentes, foi elaborado um mapa conceitual, buscando uma síntese que permitisse visualizar as interações entre os elementos envolvidos na percepção dos impactos das atividades sobre água subterrânea, a identificação das atividades que serão prejudicadas pelo cuidado com as águas subterrâneas, e a temática da gestão e governança e o papel da legislação protetora de águas subterrâneas (Figura 6).

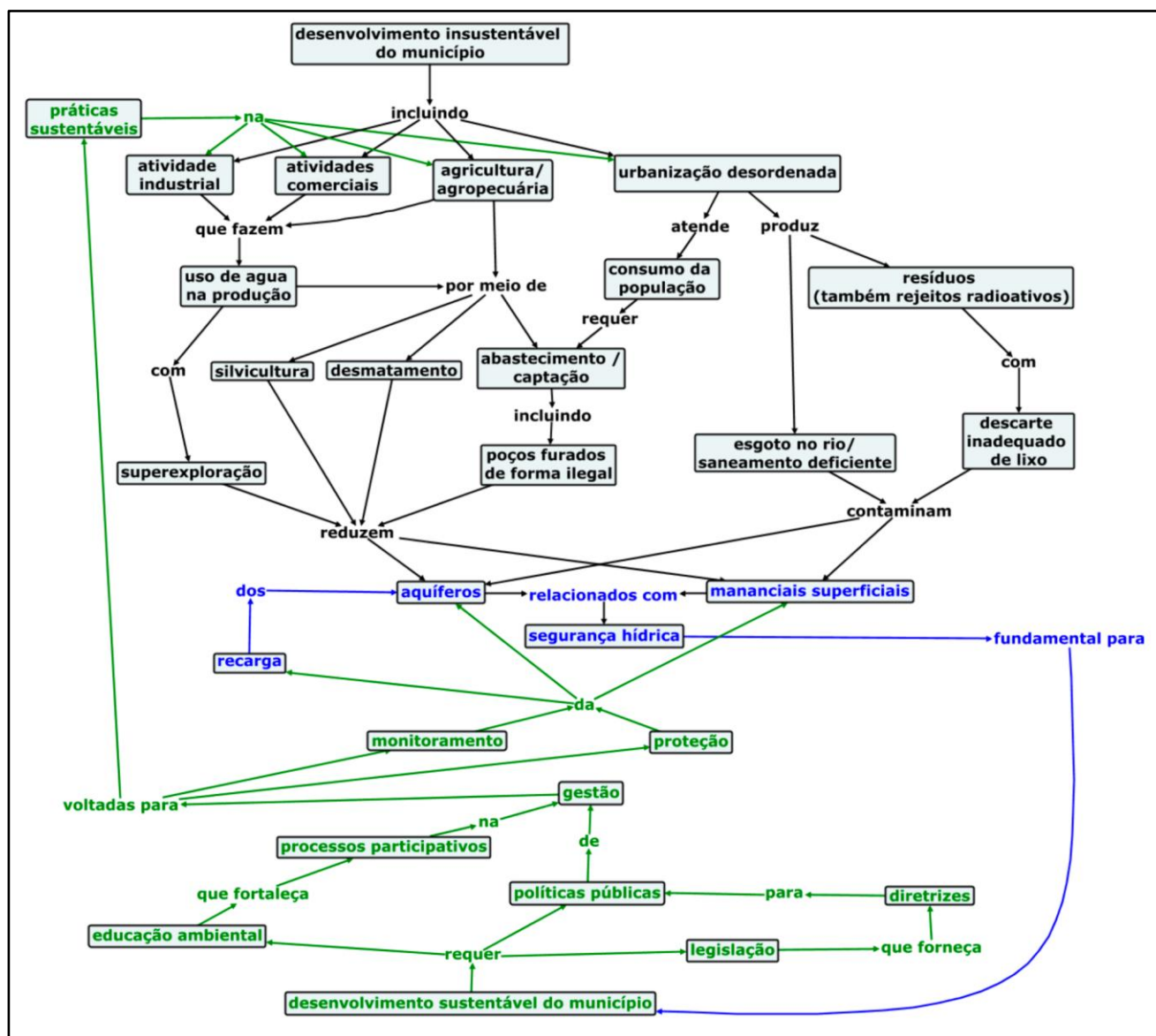


Figura 6. Mapa conceitual com as percepções sobre as águas subterrâneas. O mapa conceitual, lido na vertical no sentido de cima para baixo, indica a sequência de processos que promovem a insustentabilidade do território (texto e setas em cor preta) com impacto sobre as águas superficiais e subterrâneas (em azul). O mapa conceitual com processos no sentido de baixo para cima, em cor verde, indica os ambientes favoráveis, incluindo processos de gestão e instrumentos, capazes de atuar sobre a proteção desses mesmos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, como alternativa às práticas correntes impactantes.

De acordo com o mapa conceitual (Figura 6), o desenvolvimento insustentável do município está associado principalmente às atividades industriais, comerciais e agropecuárias, bem como à urbanização desordenada.

As atividades produtivas que utilizam a água como insumo, especialmente nos setores industrial, comercial e agropecuário, podem reduzir a disponibilidade hídrica por meio da captação intensiva, da superexploração dos aquíferos, da silvicultura e do desmatamento. Nesse contexto, o abastecimento público e a perfuração ilegal de poços também contribuem para a pressão sobre os recursos hídricos subterrâneos. A urbanização desordenada, por sua vez, amplia a demanda de água para o consumo da população e, quando não acompanhada por infraestrutura adequada, favorece a ocorrência de problemas relacionados ao saneamento. Entre eles destacam-se o lançamento de esgoto sem tratamento adequado nos corpos d'água, vazamentos em redes de coleta, fossas inadequadas e a disposição incorreta de resíduos sólidos, inclusive resíduos radioativos. Essas fontes de poluição comprometem tanto os aquíferos quanto os mananciais superficiais, evidenciando a relação de interdependência entre as águas subterrâneas e superficiais.

O mapa também destaca que a segurança hídrica depende da proteção desses corpos d'água e de suas áreas de recarga. Para isso, são fundamentais ações de monitoramento, proteção e gestão dos recursos hídricos, apoiadas por políticas públicas, legislação e diretrizes adequadas. Tais instrumentos devem ser fortalecidos por processos participativos e pela educação ambiental, contribuindo para a construção de práticas sustentáveis voltadas à conservação dos aquíferos e mananciais superficiais. Dessa forma, cria-se uma base para promover o desenvolvimento sustentável do município, reduzindo os impactos das atividades humanas sobre os recursos hídricos e assegurando sua disponibilidade para as gerações futuras.

4. CONCLUSÃO

Este estudo analisou 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). Os resultados evidenciaram que, mesmo entre participantes que não atuam diretamente na área ambiental ou na gestão de recursos hídricos, há reconhecimento da relevância das águas subterrâneas e preocupação com fatores percebidos como potencialmente associados à sua degradação.

Entre os principais aspectos mencionados pelos participantes, destacaram-se atividades industriais e comerciais dependentes da exploração de água subterrânea, atividades agropecuárias, problemas relacionados ao saneamento básico e situações associadas ao descarte inadequado de resíduos. Essas percepções revelam a existência de preocupações compartilhadas sobre possíveis riscos à quantidade e à qualidade das águas subterrâneas, bem como sobre a necessidade de fortalecer mecanismos de gestão e proteção desses recursos.

Os resultados também indicaram que a maior parte dos respondentes não associa necessariamente instrumentos legais mais protetivos a impactos negativos sobre as atividades econômicas locais. Tal percepção sugere um contexto potencialmente favorável ao fortalecimento do debate público sobre governança das águas subterrâneas, gestão integrada dos recursos hídricos e aperfeiçoamento dos instrumentos de planejamento territorial e proteção ambiental. Ao priorizar a dimensão perceptiva da gestão das águas subterrâneas, o estudo contribui para ampliar a compreensão dos desafios sociais e institucionais envolvidos na proteção dos aquíferos, reforçando a importância da participação social, da educação ambiental e do diálogo entre diferentes setores da sociedade na construção de estratégias de governança mais efetivas.

Os resultados devem ser interpretados à luz de algumas limitações. Trata-se de uma pesquisa exploratória baseada em percepções dos participantes, não tendo como objetivo produzir diagnósticos hidrogeológicos ou comprovar empiricamente impactos ambientais específicos. Além disso, a amostra adotada possui caráter não probabilístico, o que limita a generalização estatística dos resultados para a totalidade da população dos municípios analisados. Estudos futuros poderão aprofundar a integração entre abordagens perceptivas, indicadores ambientais e dados hidrogeológicos, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dos desafios associados à gestão sustentável das águas subterrâneas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos são devidos à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF, processo 00193-00002037/2023-11), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processos 2022/03913-6 e 2023/02919-3) pelos apoios financeiros concedidos. Ana Mendes, Manuela Morais e Maria Helena Novais agradecem à Comissão Europeia e à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento no âmbito

do consórcio internacional colaborativo INTERLAYER (Water4All/0001/2022), no âmbito do concurso de 2022 da Parceria Europeia 101060874 — Water4All.

REFERÊNCIAS

- ALLEY, W. M.; BEUTLER, L.; CAMPANA, M. E.; MEGDAL, S. B.; TRACY, J. C. Groundwater visibility: the missing link. **Groundwater**, Hoboken, v. 54, n. 6, p. 758–761, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/gwat.12466>
- ALVIM, A. T. B.; KATO, V. R. C.; ROSIN, J. R. G. A urgência das águas: intervenções urbanas em áreas de mananciais. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 17, n. 33, p. 83–107, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2015-3304>
- AMANAMBU, A. C.; OBAREIN, O. A.; MOSSA, J.; LI, L.; AYENI, S. S.; BALOGUN, O.; OYEBAMIJI, A.; OCHEGE, F. U. Groundwater system and climate change: present status and future considerations. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 589, p. 125163, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125163>
- BAGNATO, L.; FAVARO, S.; IEVA, F. On the use of chi-square test to check serial independence. **Statistical Methods & Applications**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 425–436, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10260-009-0133-3>
- BARDIN, L. **L'analyse de contenu**. Paris: Presses Universitaires de France, 1977.
- BENDZ, A.; BOHOLM, Å. Indispensable, yet Invisible: Drinking water management as a local political issue in Swedish municipalities. **Local Government Studies**, London, v. 46, n. 5, p. 800–819, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/03003930.2019.1682557>
- BENSON, D.; GAIN, A. K.; GIUPONNI, C. Moving beyond water centrality? Conceptualizing integrated water resources management for implementing sustainable development goals. **Sustainability Science**, Tokyo, v. 14, n. 6, p. 1587–1599, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00733-5>
- BERLINCK, C. N.; CALDAS, A. L. R.; MONTEIRO, A. H. R. R.; SAITO, C. H. Contribuição da educação ambiental na explicitação e resolução de conflitos em torno dos recursos hídricos. **Ambiente & Educação**, Rio Grande, v. 8, n. 1, p. 117–130, 2003. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/901/359>. Acesso em: 03 fev. 2026.
- BIERKENS, M.; WADA, Y. Non-renewable groundwater use and groundwater depletion: a review. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 14, n. 6, p. 063002, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1a5f>
- BONFIM, J. S. **Apropriação das águas, Matopiba e territorialização do agronegócio no Oeste da Bahia**: as águas em fronteira de Correntina. 2019. 213 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.
- BURKE, J. J.; MOENCH, M. H. **Groundwater and society**: resources, tensions and opportunities. New York: United Nations, Department of International Economic and Social Affairs, Statistical Office, 2000.
- CEREZINI, M. T.; HANAI, F. Y. Challenges and guidelines for integrated water management in river basins: an expert view. **Sustainability in Debate**, Brasília, DF, v. 14, n. 2, p. 10–42, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v14n2.2023.49626>
- CEREZINI, M. T.; HANAI, F. Y.; ROSSO PINTO, M.; SAITO, C. H. Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH): evaluación y aplicabilidad de las herramientas en el contexto brasileño. **Agua y Territorio**, Jaén, v. 26, p. 237–255, 2025. DOI: <https://doi.org/10.17561/at.26.8263>
- CUADRADO-QUESADA, G.; LICTEVOUT, E.; SCHMEIER, S.; VARGAS, C. R. Revisiting groundwater law through the lenses of earth system law and rights of nature. **WIREs Water**, [s. l.], v. 11, p. e1684, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/wat2.1684>
- FAHERTY, V. E. Chi-square test of independence. In: FAHERTY, V. E. (ed.). **Compassionate statistics**: applied quantitative analysis for social services (with exercises and instructions in SPSS). Thousand Oaks: Sage Publications, 2007. E-book, p. 139–160. DOI: <https://doi.org/10.4135/9781483329543.n9>
- FOSTER, S.; AIT-KADI, M. Integrated water resources management (IWRM): how does groundwater fit in? **Hydrogeology Journal**, [s. l.], v. 20, p. 415–418, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10040-012-0831-9>
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; ANDREO, B. The aquifer pollution vulnerability concept: aid or impediment in promoting groundwater protection? **Hydrogeology Journal**, [s. l.], v. 21, p. 1389–1392, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10040-013-1019-7>

- FRANKE, T.; HO, T.; CHRISTIE, C. A. The chi-square test: often used and more often misinterpreted. **American Journal of Evaluation**, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 448–458, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1177/1098214011426594>
- FREITAS, F. W. S.; SILVA, M. R. F. da; GUEDES, J. A. Gestão de recursos hídricos: a percepção de atores sociais acerca do reservatório Passagem, Oeste Potiguar. **Geopauta**, Vitória da Conquista, v. 4, n. 2, p. 71–90, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22481/rg.v4i2.6369>
- GHOOSHANI, O. M.; ESKANDARI DAMANEH, H.; ESKANDARI DAMANEH, H.; GHANIAN, M.; COTTON, M. Why do farmers over-extract groundwater resources? Assessing (un)sustainable behaviors using an integrated agent-centered framework. **Environments**, [s. l.], v. 10, p. 216, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments10120216>
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP. **Sharing knowledge for equitable, efficient and sustainable water resources management**. Stockholm: Global Water Partnership, 2001. Disponível em: <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-english.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2026.
- GOODMAN, L. A. Discussion: testing for independence in a two-way table: new interpretations of the chi-square statistic. **The Annals of Statistics**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 887–893, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1214/aos/1176349639>
- HANNAH, D. M.; ABBOTT, B. W.; KHAMIS, K.; KELLEHER, C.; LYNCH, I.; KRAUSE, S.; WARD, A. S. Illuminating the “invisible water crisis” to address global water pollution challenges. **Hydrological Processes**, [s. l.], v. 36, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.14525>
- HEEMSKERK, M.; WILSON, K.; PAVÃO-ZUCKERMAN, M. Conceptual models as tools for communication across disciplines. **Conservation Ecology**, Dedham, v. 7, n. 3, p. 8, 2003. Disponível em: <http://www.consecol.org/vol7/iss3/art8>. Acesso em: 03 fev. 2026.
- HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A. How much do we know about the groundwater quality and its impact on Brazilian society today? **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 31, p. e109, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X4419>
- HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; MARCELLINI, S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 2019.
- IBGE. **Conheça cidades e estados do Brasil**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 07 fev. 2026.
- KNAPIK, W.; LUTY, L.; ZIOŁO, M.; ODLANICKA-POCZOBUTT, M. Migrants from Ukraine in the Polish labour market as perceived by Poles from rural areas and towns. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 19, n. 9, p. e0306895, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306895>
- LALL, U.; JOSSET, L.; RUSSO, T. A snapshot of the world’s groundwater challenges. **Annual Review of Environment and Resources**, [s. l.], v. 45, p. 171–194, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-025800>
- LEONARD, T. Discussion: testing for independence in a two-way table: new interpretations of the chi-square statistic. **The Annals of Statistics**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 893–898, 1985. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2241109>. Acesso em: 03 fev. 2026.
- MARGAT, J. **Vulnérabilité des nappes d’eau souterraine à la pollution: bases de sa cartographie**. Orléans: Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Département d’Hydrogéologie, 1968. (Rapport BRGM, 68 SGC 198 HYD).
- MARQUES, E. A. G.; SILVA JUNIOR, G. C.; EGER, G. Z. S.; ILAMBWETSI, A. M.; RAPHAEL, P.; GENEROSO, T. N.; OLIVEIRA, J.; JUNIOR, J. N. Analysis of groundwater and river stage fluctuations and their relationship with water use and climate variation effects on Alto Grande watershed, Northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, [s. l.], v. 103, p. 102723, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102723>
- MCHUGH, M. L. The chi-square test of independence. **Biochemia Medica**, Zagreb, v. 23, n. 2, p. 143–149, 2013. DOI: <https://doi.org/10.11613/BM.2013.018>
- MEGDAL, S. B. Invisible water: the importance of good groundwater governance and management. **NPJ Clean Water**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41545-018-0015-9>
- MELLO-THÉRY, N. A.; CORREIA, B. O. Pressão urbana em áreas de florestas: história e conflitos políticos da proteção ambiental. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 8, n. 16, p. 33–44, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2009.0816.0003>

- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Cadernos do Aplicação**, v. 11, n. 2, p. 143–156, 1998.
- MOSTERT, E.; CRAPS, M.; PAHL-WOSTL, C. Social learning: the key to integrated water resources management?. **Water International**, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 293–304, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060802275757>
- NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. Theoretical origins of concept maps, how to construct them, and uses in education. **Reflecting Education**, London, v. 3, n. 1, p. 29–42, 2007.
- OKI, T.; KANAE, S. Global hydrological cycles and world water resources. **Science**, Washington, v. 313, n. 5790, p. 1068–1072, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1128845>
- PEREIRA, V. R.; RODRIGUEZ, D. A.; COUTINHO, S. M. V.; SANTOS, D. V.; MARENGO, J. A. Adaptation opportunities for water security in Brazil. **Sustainability in Debate**, Brasília, DF, v. 11, n. 3, p. 91–121, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33858>
- RÖRIG, F. S.; HIRATA, R.; BARBATI, D. O. From global to local scale: how international experiences contribute to the fossil water management of the Guarani Aquifer System. **Environmental Science & Policy**, [s. l.], v. 157, p. 103777, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103777>
- SALLES, D. M. O. ** guas em disputa**: conflitos socioambientais e governança hídrica no Aquífero Urucuia, Oeste da Bahia. 2023. 200 f. Tese (Doutorado em Sociologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2023.
- SAITO, C. H. Environmental education and biodiversity concern: beyond the ecological literacy. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, Dubai, v. 8, n. 1, p. 12–27, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2013.12.27>
- SAITO, C. H. Concept map to visualize opposite perspectives of Rapa Nui history as a whole. **Journal of Historical Archaeology & Anthropological Sciences**, Budapest, v. 1, n. 5, art. 00029, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15406/jhaas.2017.01.00029>
- SAITO, C. H. Global Water Partnership e as ideias-chave em sua nova Estrat gia Global 2020–2025. **REGA – Revista de Gestão de água da América Latina**, Santa Maria, v. 16, p. e13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21168/rega.v16e13>
- SAITO, C. H. Winter, *Her Dolphin Tale*, and the rise of environmental education. **Journal for Learning through the Arts**, Irvine, v. 18, n. 1, p. 1–19, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21977/D918153402>
- SAITO, C. H.; GERMANOS, E. Freirean perspectives on environmental education amidst the climate emergency. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, Cascavel, v. 6, n. 2, p. 1–20, 2024. DOI: <https://doi.org/10.48075/ijerrs.v6i2.33471>
- SIGRH. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos UGRHI 13**. São Paulo, 2022a. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/cbhtj/documentos> . Acesso em: 29 maio 2024.
- SIGRH.. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos UGRHI 16**. São Paulo, 2022b. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/cbhtb/documentos> . Acesso em: 29 maio 2024
- SOPHOCLEOUS, M. Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. **Hydrogeology Journal**, [s. l.], v. 10, p. 52–67, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10040-001-0170-8>
- SOUZA-FERNANDES, L. C. Panorama do arcabouço legal das águas subterrâneas do Brasil. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, n. 94, p. 339–378, 2019.
- SOUZA-FERNANDES, L. C.; FERNANDES, A. M. Aquífero como sujeito de direito: um precedente legal brasileiro. **Veredas do Direito**, [s. l.], v. 22, p. e222749, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.18623/rvd.v22.2749>
- THALMEINEROVA, D.; F BREGA, J. R.; GUAN, Y.; JANUSZ-PAWLETTA, B.; KILESHYE-ONEMA, J. M.; SAITO, C. H. **IWRM toolbox teaching manual**. Stockholm: Global Water Partnership, 2017. Disponível em: http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/iwrm_teaching_manual.pdf. Acesso em: 03 fev. 2026.
- THEESFELD, I. Institutional challenges for national groundwater governance: policies and issues. **Groundwater**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 131–142, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2009.00624.x>
- TRUJILLO, M. G.; TEJERA, R. G.; SILVEIRA, M. T. D.; CÁDIZ, C. R. La influencia del uso del suelo en la vulnerabilidad de un acuífero en la cuenca hidrográfica San Juan, Cuba. **Agua y Territorio**, Jaén, n. 21, p. 21–35, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17561/at.21.6263>

UNITED NATIONS. **The United Nations World Water Development Report 2022**: groundwater: making the invisible visible. Paris: UNESCO, 2022.

URDAN, T. C. **Statistics in plain English**. 4. ed. New York: Routledge, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315723112>

VAN DER GUN, J. **Conjunctive water management**: a powerful contribution to achieving the Sustainable Development Goals. Paris: UNESCO, 2020.

VILLAR, P. C. Groundwater and the right to water in a context of crisis. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 85–102, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC150126R1V1912016>

VILLAR, P. C.; GRANZIERA, M. L. M. **Direito de águas à luz da governança**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2020.

VILLAR, P. C.; HIRATA, R.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; CARVALHO, A. M. **Governança das águas subterrâneas**: desafios e caminhos. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2022.

WINTER, T. C.; HARVEY, J. W.; FRANKE, O. L.; ALLEY, W. M. **Ground water and surface water**: a single resource. Denver, CO: U.S. Geological Survey, 1998. (U.S. Geological Survey Circular, 1139).

ZIBRAN, M. F. **Chi-squared test of independence**. Calgary: Department of Computer Science, University of Calgary, 2007. Disponível em: <http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~saul/wiki/uploads/CPSC681/topic-fahim-CHI-Square.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2026.