

XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

AValiação DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E NITRITO À JUSANTE DO ANTIGO LIXÃO NO MUNICÍPIO DE ROLÂNDIA - PR

Gabriela Fernanda Silva¹; Maurício Moreira dos Santos²; André Celligoi³; Ajadir Fazolo⁴

Resumo

A área pesquisada refere-se ao antigo lixão de Rolândia. O local foi o destino final da coleta pública de resíduos sólidos urbanos, antes de sua desativação em abril de 2002. Os resíduos eram depositados diretamente ao solo expondo a massa de lixo às variações sazonais do clima. Estudos já realizados na época Santos (2003) indicaram que a superfície freática do aquífero local acompanha de uma forma geral, a superfície do terreno, sendo a área de recarga nas áreas mais elevadas e a descarga aquífera nas partes mais rebaixadas do relevo. A presença de compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação é indicativo de contaminação do aquífero e de possíveis condições higiênicosanitárias insatisfatórias. O nitrito e o nitrato estão associados a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas. A análise hidroquímica do elemento nitrato evidenciou anomalias presentes nos poços de monitoramento. Assim, foi verificada a contaminação das águas subterrâneas a partir da pluma de contaminantes liberada pela decomposição dos resíduos sólidos aterrados por compostos de nitrogênio, através da determinação de nitrato das águas subterrâneas a jusante do antigo lixão de Rolândia.

Abstract

The research area is the old garbage dump of Rolândia city. The study site was the final destination of the public collection of solid waste before its deactivation in April 2002. The wastes were deposited directly to the ground exposing the waste mass to seasonal climate variations. These studies demonstrated Santos (2003) that the water table of the aquifer site follows the ground surface. This conformation shows that the recharge area of the aquifer is located in the uppermost parts of the land and the area of discharge into recessed areas. The presence of nitrogen compounds in their different oxidation states is indicative of contamination of the aquifer and possible

¹ Estudante de Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, Avenida dos Pioneiros, 3131 CEP 86036-370 – Londrina – PR – Brasil, gabrielafsilva_4@hotmail.com.

² Professor Dr., Adjunto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, Avenida dos Pioneiros, 3131 CEP 86036-370 – Londrina – PR – Brasil, mmsantos@utfpr.edu.br.

³ Professor Dr. Departamento de Geociência, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid Pr 445 Km 380 Campus Universitário Cx. Postal 10.011, CEP 86.057-970, Londrina – PR, celligoi@uel.br.

⁴ Professor Dr., Adjunto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, Avenida dos Pioneiros, 3131 CEP 86036-370 – Londrina – PR – Brasil, afazolo@gmail.com

higiênicosanitárias unsatisfactory conditions. Nitrite and nitrate are associated with two adverse health effects: the induction of methemoglobinemia and potential formation of carcinogenic nitrosamines and nitrosamides. The hydrochemical analysis of nitrate and nitrite elements showed anomalies in monitoring wells. Thus, contamination of groundwater from the plume of contaminants released by the decomposition of solid waste grounded by nitrogen compounds was checked by determination of nitrate (NO₃⁻) of the old garbage dump of Rolândia city.

Palavras-Chave: Lixão; Nitrato, Nitrito.

1- INTRODUÇÃO

Do ponto de vista ambiental, a recuperação e a eliminação de materiais residuais pressupõe a existência de um sistema de gerenciamento adequado dos detritos. Apesar da aplicação de diversas tecnologias, a recuperação dessas matérias suscita muitos problemas, principalmente de natureza econômica. Em função disso, as formas tradicionais de eliminação continuam sendo empregadas, e apresenta-se como solução: simples disposição a céu aberto ou em águas correntes.

Os chamados *lixões* a céu aberto, ou vazadouros, não dispõem de quaisquer critérios técnicos-científicos de proteção ao meio ambiente, em especial para as águas subterrâneas, não impedindo, dessa forma, a migração de compostos químicos para o subsolo que derivam da decomposição da matéria orgânica e outros efluentes, como o hospitalar e industrial.

Assim, em períodos de médias pluviométricas elevadas, o chorume tem sua migração favorecida através da zona não saturada podendo alguns compostos químicos atingir a zona saturada e, portanto, poluir o aquífero à jusante do depósito de resíduos.

A área de pesquisa localiza-se no perímetro urbano da cidade de Rolândia, mais precisamente na porção norte do município à vertente esquerda do Ribeirão Vermelho. O local de estudo foi o destino final da coleta pública de resíduos sólidos urbanos do município de Rolândia, antes de sua desativação em abril de 2002. Os resíduos eram depositados diretamente ao solo expondo a massa de lixo às variações sazonais do clima.

O funcionamento do lixão teve início nos anos 40, até que foi decretado o seu encerramento pela prefeitura municipal após 60 anos de funcionamento, quando a área ultrapassou o limite máximo de saturação para recebimento dos resíduos urbanos e também pela proximidade de conjuntos habitacionais, provocados pela expansão urbana do município (MELO, 1998).

O manejo dos resíduos sólidos urbanos no local, anterior ao seu encerramento, era totalmente equivocado em relação aos critérios técnicos ambientais e sanitários para a adequada destinação e tratamento final de resíduos. Segundo Melo (1999), o lixo urbano de Rolândia era disposto

diretamente ao solo natural, não havendo a cobertura constante do lixo por material inerte após a conclusão de cada jornada de trabalho, possibilitando assim a ação de catadores de lixo no local.

Os resíduos despejados por caminhões da coleta municipal eram levados de um lado para o outro e compactados superficialmente por uma esteira, ou por vezes empurrado vertente abaixo, na tentativa de reduzir o volume de resíduos.

Melo (1999) ainda acrescenta que na época de seu funcionamento, o lixão de Rolândia recebia os mais diversos tipos de resíduos, principalmente matéria orgânica proveniente da coleta domiciliar, que após a sua disposição ficavam expostos completamente às condições meteorológicas, o que facilitava a combustão espontânea, a decomposição do lixo e a produção de percolato no qual não recebia qualquer tipo de tratamento seja ela adequada ou não, somada a inexistência de drenos.

Hoje, a antiga área de destinação final dos resíduos sólidos urbanos do município de Rolândia encontra-se em total estado de abandono. Após o encerramento do lixão não ocorreu no local a recuperação da área degradada, a fim de minimizar os impactos ambientais e sanitários, bem como e a melhoria dos aspectos paisagísticos.

O local onde eram depositados os resíduos foi totalmente coberto por solo, e o aspecto físico aparenta um talude de cerca de 8 a 10 metros de altura formada pela massa de lixo disposta durante os anos de funcionamento do lixão.

Dentre as substâncias que podem constituir risco para a saúde humana, incluem-se os compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação: nitrogênio amoniacal e albuminóide, nitrito e nitrato. A amônia pode estar presente naturalmente em águas superficiais ou subterrâneas, sendo que usualmente sua concentração é bastante baixa devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato. Entretanto, a ocorrência de concentrações elevadas pode ser resultante de fontes de poluição próximas, bem como da redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo. A presença da amônia produz efeito significativo no processo de desinfecção da água pelo cloro, através da formação de cloraminas, que possuem baixo poder bactericida (ALABURDA E NISHIHARA, 1998).

O desenvolvimento da metemoglobinemia a partir do nitrato nas águas potáveis depende da sua conversão bacteriana para nitrito durante a digestão, o que pode ocorrer na saliva e no trato gastrointestinal. As crianças pequenas, principalmente as menores de 3 meses de idade, são bastante susceptíveis ao desenvolvimento desta doença devido às condições mais alcalinas do seu sistema gastrointestinal, fato também observado em pessoas adultas que apresentam gastroenterites, anemia, porções do estômago cirurgicamente removidas e mulheres grávidas.

De acordo com Alaburda e Nishijara (1998) o nitrito, quando presente na água de consumo humano, tem um efeito mais rápido e pronunciado do que o nitrato. Se o nitrito for ingerido diretamente, pode ocasionar metemoglobinemia independente da faixa etária do consumidor.

1.1 Localização da Área e Geologia

O município de Rolândia está localizado na Microrregião Geográfica de Londrina (Figura 1), no Terceiro Planalto Paranaense, onde afloram as vulcânicas basálticas da Formação Serra Geral. Rolândia possui área total de 467,31 km², altitude média de 730 metros. O centro da cidade de Rolândia tem como coordenadas geográficas: Latitude 23° 19' 00 "S e Longitude 51° 22' 00" W de GR.

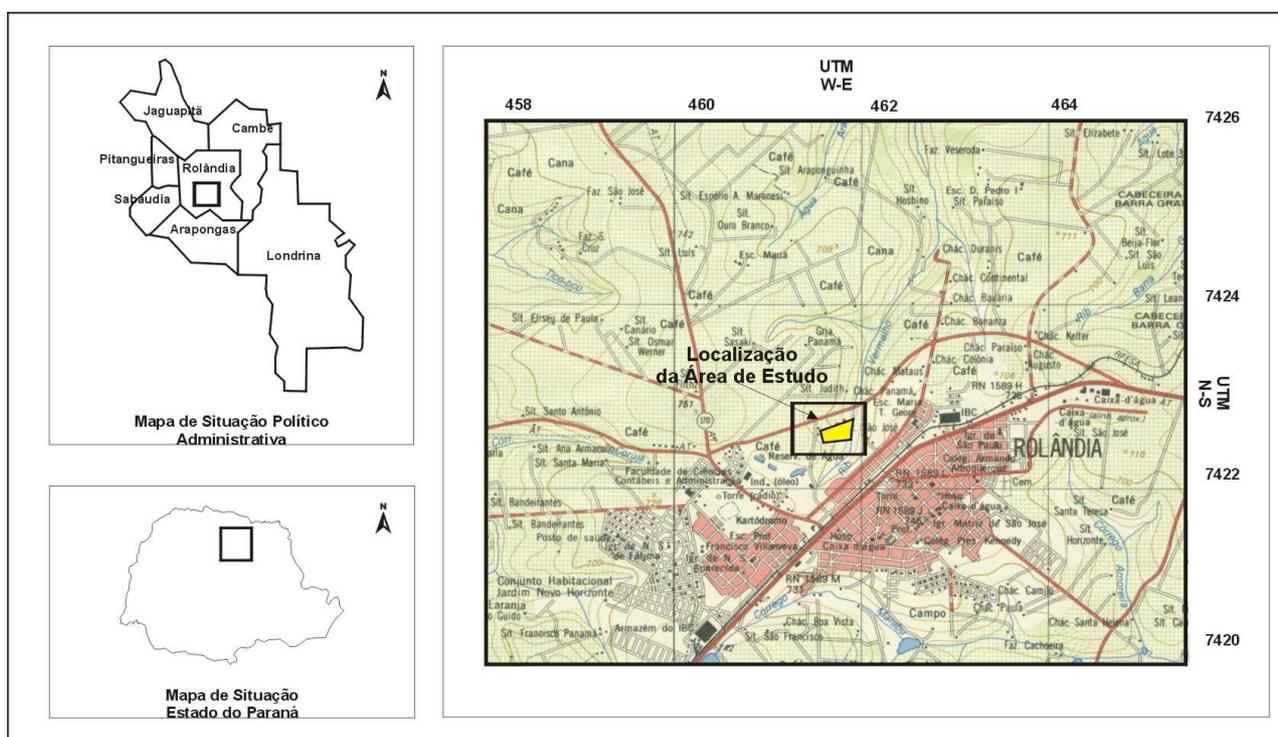


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Santos (2003).

O município de Rolândia assenta-se sobre a Formação Serra Geral pertencente ao Grupo São Bento. Compreende ainda esse Grupo as formações Botucatu e Pirambóia, porém sem a ocorrência de afloramentos na região de estudo.

O magmatismo da Serra Geral recobre mais de 1.200.000 km² abrangendo os estados do centro sul do Brasil bem como partes do Uruguai, Argentina e Paraguai.

A Formação Serra Geral é composta principalmente por rochas vulcânicas básicas, toleíticas, de textura afanítica, coloração cinza e negra, amigdaloidal nos topos dos derrames, grande

desenvolvimento de juntas verticais e horizontais com intrusões alcalinas, pequenas lentes de arenito e com o manto de intemperismo muito pouco presente em algumas localidades, até cerca de 30 metros nas regiões mais elevadas topograficamente. (Schneider et al., 1974). Portanto, os principais tipos litológicos são o basalto, riolito e riolito.

Com relação a hidrogeologia, Celligoi et al., (2001) acrescenta que na área estudada existem duas formas de ocorrência de água subterrânea: o aquífero freático e o sistema aquífero Serra Geral.

O aquífero freático, representado aqui pelas camadas de solo e rocha alterada, pelas suas características geológicas de sedimentos argilosos, constitui-se em um meio poroso heterogêneo, geralmente pouco espesso e com baixa profundidade do nível saturado.

Este aquífero tem características essenciais de livre, ou não-confinado. Dessa forma, a recarga se dá diretamente a partir de águas pluviais nas áreas mais elevadas topograficamente, aumentando os riscos em relação à contaminação ou poluição das águas subterrâneas.

Ao contrário dos sistemas aquíferos sedimentares, os quais possuem certa homogeneidade física, o sistema Serra Geral, pelas suas características litológicas de rochas cristalinas, se constitui em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas (FREEZE e CHERRY, 1979).

Dessa forma, o modo de ocorrência da água subterrânea fica restrito às zonas de descontinuidades das rochas, as quais se constituem principalmente em estruturas tectônicas do tipo fratura e/ou falhamento.

Todo esse sistema de fluxo, todavia, pode ser consideravelmente modificado por intermédio de estruturas tectônicas rúpteis regionais, como fraturamentos e falhamentos, bem como intrusões magmáticas - diques e sills, os quais podem alterar as condições hidrogeológicas originais.

Para este trabalho, toda via, a ênfase será dada ao aquífero freático, uma vez que este possui maior vulnerabilidade à contaminação pela migração do lixiviado, na qual contêm os compostos de nitratos e nitritos em sua composição, através da zona não saturada, liberado pela decomposição dos resíduos dispostos no antigo lixão de Rolândia.

2- OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar e interpretar a presença dos compostos inorgânicos nitrato e nitrito nas águas subterrâneas e o seu comportamento mediante a variação do nível freático do aquífero freático localizado à jusante do antigo lixão de Rolândia, bem como avaliar os impactos ambientais da massa aterrada de resíduos sólidos sobre a qualidade de suas águas.

2.2 Objetivos Específicos

- avaliar as relações das oscilações do nível freático com as concentrações de nitrato e nitrito na rede de fluxo de água subterrânea ;
- avaliar e interpretar as concentrações de nitrato e nitrito das águas subterrâneas e superficiais na área de influência do antigo lixão.

3- METODOLOGIA

A concretização do presente trabalho foi possível, a partir da execução de etapas metodológicas fundamentais para o alcance dos objetivos propostos das quais se destacam: a análise e o conhecimento dos processos do meio físico local, em especial voltado aos estudos do clima, dos solos, da geologia, da geomorfologia e em especial da hidrogeologia e um estudo do comportamento das águas subterrâneas locais que permitiu caracterizar a influência do lixão sobre o aquífero freático nas suas adjacências. A análise dos resultados foi abordada a partir de perspectivas ambientais relacionadas à problemática da disposição final irregular de resíduos sólidos urbanos.

No local do antigo lixão já existiam três poços de monitoramento (P1, P2, P3) , sendo estes objetos de estudos no presente trabalho, além destes, foi analisada uma nascente próxima ao lixão, porém fora zona de influência, como ponto de referência.

Para o monitoramento do nível d'água dos poços utilizou-se o medidor de nível d'água elétrico. O medidor de nível elétrico possui uma sonda, com um sensor na ponta de uma fita graduada em milímetros, utilizando os íons da água para fechar um circuito ao qual ativa um som e/ou um indicador luminoso. A Figura 2 apresenta o medidor de nível utilizado no monitoramento dos piezômetros - Modelo: HSNA-100, da HS Hidrosuprimentos.

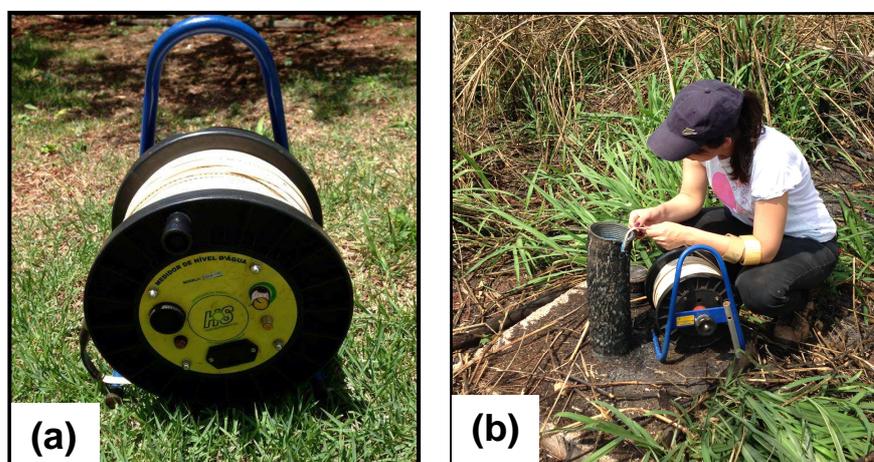


Figura 2 - Foto (a) exibindo a utilização de medidor eletro-sonoro de nível d'água. Foto (b) utilização do equipamento a campo.

Foram coletadas amostras de águas de três poços de monitoramento entre a jusante do lixão e o Ribeirão Vermelho (Figura 3) e de uma nascente nas proximidades do lixão, mas fora da zona de influência como ponto de referência.



Figura 3 – Mapa de localização dos poços de monitoramento.

Os poços foram amostrados utilizando-se coletor descartável de PVC tipo bailer (Figura 4), de diâmetro externo 41mm, para coleta de água e purgamento de poços de monitoramento, comprimento de 95cm e capacidade de 1,1litros. Antes da coleta para cada amostra foi realizado o purgamento dos poços conforme recomendado por CETESB 6410 (1999) para evitar amostras estagnadas e/ou contaminadas, não representativas do aquífero. As técnicas para conservação da amostra foram realizadas como descritas na “Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas” da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 1999).



Figura 4 – Purgamento e coleta das amostras de águas dos poços de monitoramento.

Os parâmetros investigados referem-se às concentrações de nitrato e nitrito e pH. O nitrato é um constituinte inorgânico nocivo à saúde que pode ser encontrado na água subterrânea. Devido à sua alta mobilidade e estabilidade química apresenta uma ocorrência problemática. Nas águas subterrâneas é comum a ocorrência de baixos teores de nitrato, substância que representa o estágio final da degradação da matéria orgânica. Mas em concentrações acima do valor de potabilidade essa ocorrência se torna um problema (FINEZA, 2008). Segundo Pivelli e Kato (2006) a oxidação da amônia a nitrato leva a queda de pH.

Araujo (2006) afirma que nas águas subterrâneas nitritos e amônia são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Pequeno teor de nitrito e amônia é sinal de poluição orgânica recente.

As amostras foram encaminhadas para análise química no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. As concentrações de Nitrato e Nitrito foram determinadas pelo método proposto por APHA (2005) através da espectrofotometria das amostras coletadas. Esse método consiste na absorção de luz visível ou outra energia radiante pela solução.

A quantidade de energia radiante absorvida deve ser proporcional à concentração do material absorvente na solução a ser analisada. Então, pela medida da absorção da luz, ou outra energia radiante, é possível determinar quantitativamente a substância absorvente presente.

A concentração da substância é calculada pela luz absorvida e comparada com a absorbância de soluções-padrão (Figura 5 e 6). Para a determinação espectrofotométrica das concentrações de

nitrato, a região considerada é a de luz visível (220 nm a 275 nm) e para a determinação de nitrito a região considerada é a de luz visível (543nm) (Foresti et al., 2005). Para as medidas óticas foi utilizado um espectrofotômetro marca Hach modelo DR 2.000.

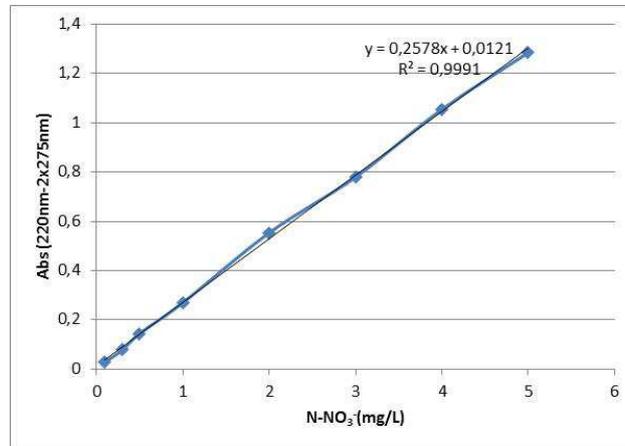


Figura 5 – Curva de calibração para cálculo de nitrato (mgN-Nitrato).

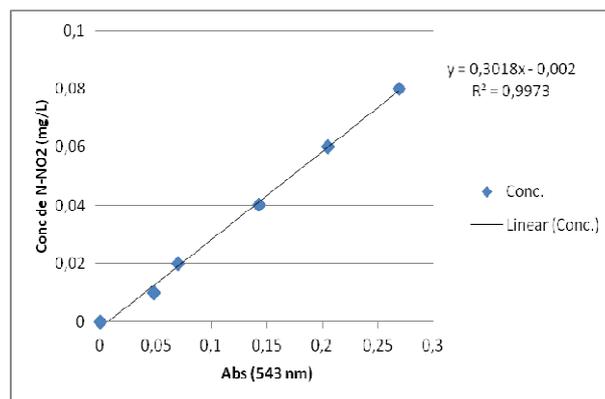


Figura 6 – Curva de calibração para cálculo de nitrito (mgN-Nitrito)

Tendo em vista que o nitrato e nitrito são cancerígenos e são causadores da doença conhecida como Metemoglobinemia ou síndrome do bebê azul, várias legislações estabelecem limites para as concentrações destes íons nas águas, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise química dos compostos orgânicos e físicos da água.

Ponto	pH (mg/L)	NITRATO (mg/L)	NITRITO (mg/L)
¹ CONAMA n°357/2005	6,0-9,0	10	1,0
² CONAMA n°396/2008	-	10	1,0
³ CONAMA n°420/2009	-	10	1,0
⁴ PORTARIA n°2914/2011	-	10	1,0

1 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências;

2 - Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências;

3 - Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

4 - Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

4- Discussão dos Resultados

4.1 Considerações Hidroquímicas

Foram realizadas coletas das águas dos três poços de monitoramento (P1, P2 e P3) e de uma nascente, fora da zona de influência, para análises químicas, conforme apresentado na Figura 3. As coletas tiveram como finalidade a obtenção de um padrão hidroquímico dos íons de nitrato e nitrito para as águas subterrâneas e nascente na área de estudo e assim avaliar a influência deste compostos na pluma de contaminação na área.

O parâmetro de concentração máxima em mg/L de Nitrato e Nitrito das amostras coletadas de água teve por base os valores estabelecidos nas legislações mencionadas nas Tabela 1. Assim, as Tabelas 2 e 3 indicam os resultados das análises químicas das amostras coletadas em campo e apresentam as concentrações dos elementos.

Tabela 2 – Análise química dos compostos inorgânicos presentes nas águas dos poços de monitoramento.

Ponto	pH	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Nitrito (mg.L ⁻¹)
P1	7,18	20,86	-0,0049
P2	6,53	31,26	0,0584
P3	6,79	12,25	-0,0079

Fonte: Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Coleta: 28/03/2014

Tabela 3 – Análise química dos compostos inorgânicos presentes nas águas dos poços de monitoramento e nascente de referência.

Ponto	pH	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Nitrito (mg.L ⁻¹)
P1	7,12	26,91	-0,0079
P2	6,60	35,68	0,0886
P3	6,76	13,37	-0,0018
Nascente (S)	6,42	0,5779	-0,0079

Fonte: Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Coleta: 27/04/2014

Tanto para a Tabela 2 quanto para a Tabela 3, os valores de Nitrato apresentam anomalias para os poços P1, P2 e P3, conforme estabelecido pelas legislações mencionadas. Os valores de Nitrito foram muito baixos, sendo a maioria abaixo do limite de detecção do aparelho (simbolizado pelo sinal negativo (-) nas tabelas). A partir destes resultados fica evidente que o antigo depósito de resíduos, após 12 anos de encerramento, ainda compromete a qualidade da água subterrânea do aquífero local quanto à avaliação desse parâmetro.

A Figura 7 mostra o mapa com os valores de isoconcentrações de nitrato para 27/04/2014 nos pontos analisados na área de estudo, visando apresentar importantes resultados através da interpolação dos resultados, da espacialização da pluma de contaminação à jusante do antigo depósito de resíduos sólidos de Rolândia.

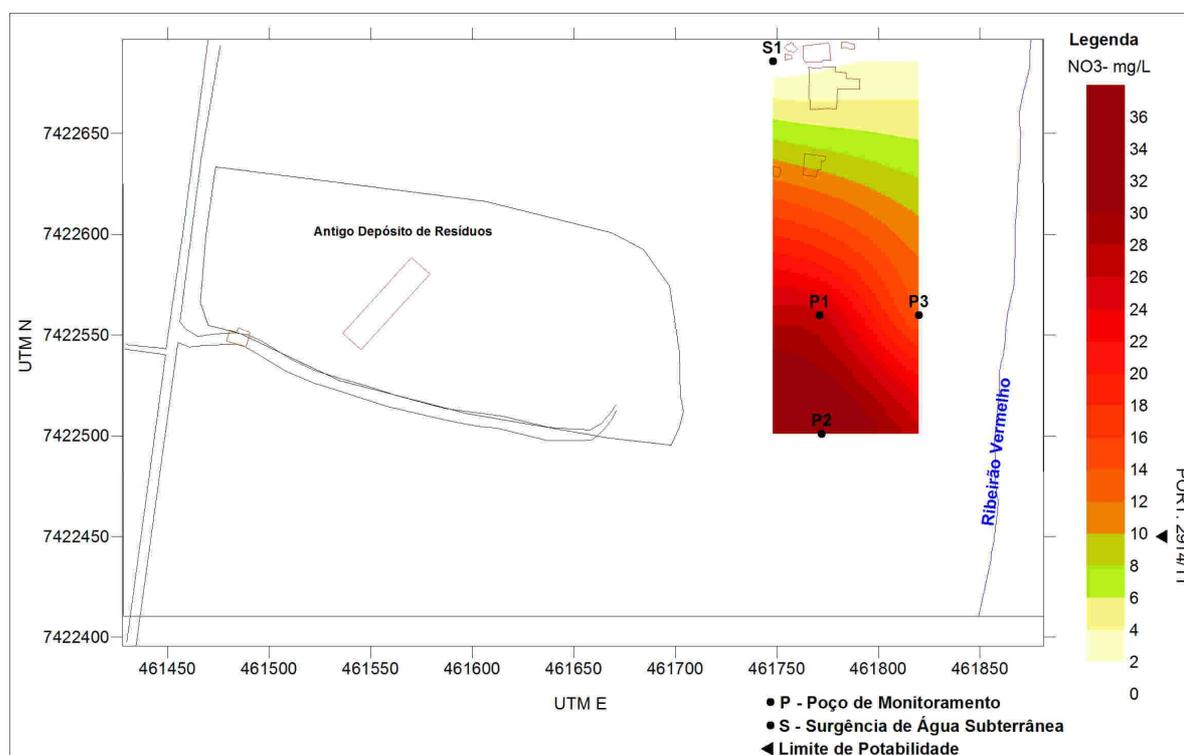


Figura 7 – Mapa indicando as isolinhas de concentração para Nitrato em poços de monitoramento e nascente nas adjacências do antigo depósito de resíduos sólidos.

Correlacionando o nível d'água monitorado dos três poços de monitoramento (P1, P2, P3) com os padrões das concentrações de íons nitrato encontrados em análises laboratoriais, pode-se inferir que conforme o nível d'água sobe, maior a concentração de íons nitrato encontrados.

A Figura 8, apresenta gráfico exibindo a relação direta dos níveis monitorados dos dias 28/03/2014 e 27/04/2014 com as concentrações de nitrato encontrados em ambos dias de coletas. A Figura 8 também exibe a delimitação da linha do valor limite estabelecido pela Portaria nº2914/2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Portanto, a análise dos resultados evidencia anomalias de íons Nitrato (NO_3^-) presentes nos poços de monitoramento, não sendo verificados teores acima do permitido para os íons de Nitrito (NO_2^-). Uma das hipóteses para a não ocorrência de nitrito nas águas pode ser explicada pelo fato da rápida transformação do nitrito a nitrato pelas bactérias *Nitrobacter* presentes no solo (Nitrificação) e pelo alto grau de mobilidade no nitrato que ao invés de ficar retido no solo é transportado até as águas subterrâneas, rapidamente.

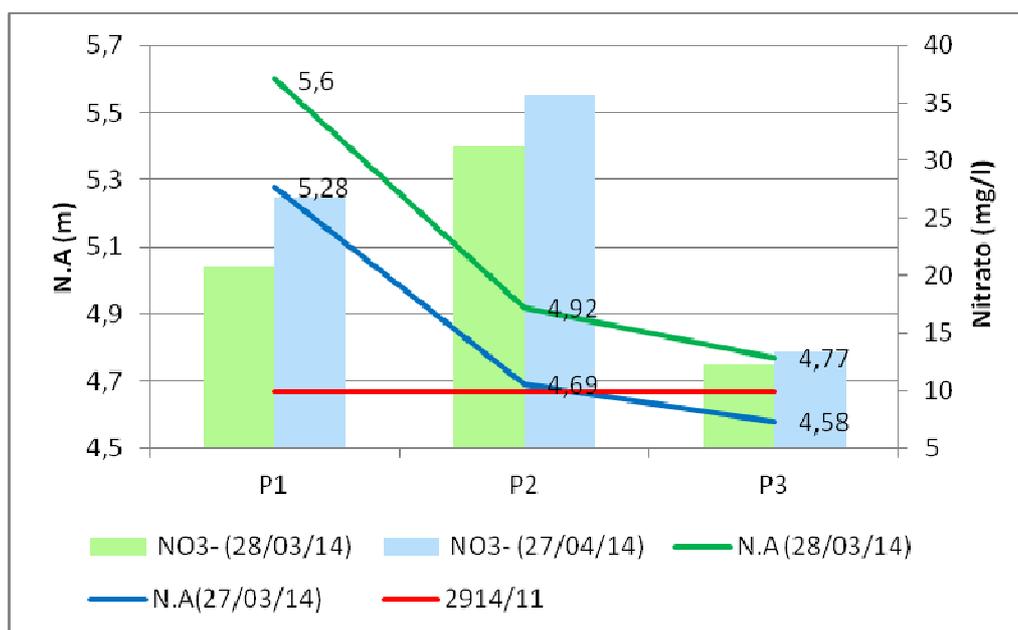


Figura 8 – Correlação dos níveis d'água subterrâneo com as concentrações de íons Nitrato (NO_3^-).

Dessa forma, a qualidade das águas subterrâneas no aquífero freático está sendo afetada de forma significativa pela pluma de contaminantes liberada pela decomposição dos resíduos sólidos aterrados na mesma vertente.

Cabe ressaltar, que entre os intervalos de um mês, entre as medições de nível de água subterrânea do aquífero freático local e a análise de nitrato, ficou evidente o aumento das concentrações deste parâmetro para os poços analisados como a elevação dos níveis subterrâneos.

De acordo com a Tabela 3 e Figura 7, o ponto de referência (S1), apresenta-se fora da área de influência de contaminação do antigo lixão, e assim, como esperado, não apresentou anomalias com relação a presença de nitrito e nitrato acima do limite de potabilidade para consumo humano, indicando dessa maneira um excelente controle hidroquímico dos resultados.

5- CONCLUSÃO

A solução da problemática dos resíduos sólidos urbanos no Brasil envolve um conjunto de definições políticas que sejam resultados de estudos abrangentes realizados por profissionais de forma multidisciplinar e que envolvam a sociedade organizada, para que sejam definidos regras e critérios necessários à implantação de um eficaz programa de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no país, especialmente na disposição final do mesmo, assim como define a nova Política de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos que estabelece a obrigatoriedade aos municípios para a implantação de planos adequados de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, inclusive sua destinação final.

Contudo, com a obrigação dos municípios brasileiros de implantar uma nova gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, a atenção deve ser dada ao encerramentos dos muitos lixões espalhados pelo país, pois simplesmente aterrá-lo, ou abandoná-lo, tem-se início de um novo problema, cujos impactos ambientais se propagarão durante anos, como comprovado por este estudo no antigo lixão de Rolândia.

O presente artigo demonstrou a necessidade de estudos hidrogeológicos e hidroquímicos, a partir de uma perspectiva ambiental, nas adjacências de áreas utilizadas para a destinação final de resíduos sólidos urbanos, especialmente os lixões.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços.** Divisão de Bromatologia e Química do Instituto Adolfo Lutz. Revista de Saúde Pública. USP, v. 32, n.2,p.531-537. São Paulo,1998.

APHA, AWWA, WEF (2005). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 21 edition, American Public Health Association, Washington, D.C.CLIPPING.

ARAUJO, A.E.M. **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e índice de qualidade de água no Rio Saúde, em razão da precipitação (Maio a Dezembro 2004)**. Estudo de caso, 2006.p.107. Dissertação (Mestrado em Climatologia). UFA, 2006.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº357**, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

_____. **Resolução CONAMA nº396**, de 03 de Abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, 2008.

_____. **Resolução CONAMA nº420**, de 28 de Dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, 2009.

BRASIL. **Portaria nº 2.914**, de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011.

CELLIGOI, A.; SANTOS, M. M.; VIANA, T. R. **Análise e interpretação do gradiente hidráulico do aquífero freático em uma área na região sul de Londrina-PR**. Geografia - *Revista do Departamento de Geociências*. UEL, v. 10, n. 1, 2001, pp. 79-87.

CETESB. **Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas: Norma CETESB, 1988**. São Paulo, CETESB,1999. 32p.

FINEZA, A. G. **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de Tabuleiro – MG**. 2008, 54 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008.

FORESTI, E.; ZAIAT, M.; MORAES, E. M.; ADORNO, M. A. T.; PAIM, A. P. S.; RODRIGUES, J. A. D.; RATUSZNEI, S. M.; CANTO, C. S.; DAMASCENO Le. H. S. **Métodos de Análises Físico-Químicas de Rotina de Águas Residuárias Tratadas Biologicamente**. 2005.

FREEZE, R. A. & CHERRY, J.A. - 1979 - **Groundwater**. Prentice-Hall inc., New Jersey, 604 p.

MELO, A. C. A. **Resíduos Sólidos Domiciliares na Cidade de Rolândia-PR.: Coleta seletiva e reaproveitamento – reciclagem**. Monografia de conclusão de curso. Departamento de Geociências/CCE. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1999.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo. ABES. 2006.

SANTOS, M. M. **Avaliação do aquífero freático a jusante de um antigo depósito de resíduos em Rolândia-Pr**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

SCHNEIDER, R. L. et al. **Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná**. *Anais...XXVIII Congresso Sociedade Brasileira de Geologia*. Porto Alegre-RS. Anais..., 1974.