

IMPACTO AMBIENTAL DE UM ATERRO DE RESÍDUOS SOBRE A NASCENTE DO LAJEADO ERVAL NOVO - BOM PROGRESSO/RS

ENVIRONMENTAL IMPACT OF A WAST LANDFILL ON THE SOURCE OF THE ERVAL NOVO STREAM - BOM PROGRESSO/RS

CARLA ARCOVERDE DE AGUIAR NEVES, Dra. | IFSC

LUMA SCHERVENSKI TEJADA, Esp. | IFCE

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência do aterro sanitário do consórcio público localizado no município de Bom Progresso/RS, sobre a nascente do Lajeado Erval Novo. A distância entre o consórcio e a nascente é de 280 metros. A possibilidade de impacto ambiental do aterro é objeto de insegurança uma vez que o Lajeado Erval Novo é o manancial que abastece a população do município vizinho. Utilizou-se para o diagnóstico laudos analíticos da qualidade da água da nascente e da rede de monitoramento das águas subterrâneas instaladas no Consórcio. A investigação resultou na constatação de que o fluxo das águas subterrâneas não apresenta indicativos de deflúvio de contaminantes provenientes do aterro. Contudo, a nascente do lajeado Erval Novo está fora dos padrões de potabilidade para indicadores característicos de contaminação proveniente de atividades agropecuárias.

158

PALAVRAS-CHAVE: Contaminação da água; Aterro sanitário; Micropoluentes.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of the sanitary landfill of the public consortium located in the municipality of Bom Progresso / RS, on the source of Erval Novo stream. The distance between the consortium and the source is 280 meters. The possibility of environmental impact of the landfill is an object of insecurity since the Erval Novo stream is the source that supplies the population of the neighboring municipality. Analytical reports on the quality of spring water as well as on the groundwater monitoring network installed in the Consortium were used for the diagnosis. The investigation resulted in the finding that the groundwater flow does not indicate contaminant deflation from the landfill. However, the source of the Erval Novo slab is out of potability standards for characteristic indicators of contamination from agricultural activities.

KEY WORDS: Water contamination; Sanitary landfill; Micropollutants.



1. INTRODUÇÃO

Os micropoluentes resultantes do deflúvio superficial das áreas adjacentes aos mananciais hídricos podem conter além de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e microrganismos patogênicos à saúde humana. Desta forma, o curso hídrico é um integralizador dos fenômenos ocorrentes na bacia (MINGOTI, SPADOTTO; MORAES, 2016). Por apresentar substâncias altamente solúveis, quando não geridos adequadamente, podem escoar e alcançar os recursos hídricos superficiais ou até mesmo infiltrar-se no solo e atingir as águas subterrâneas, comprometendo sua qualidade e potenciais usos (CELERE *et al.*, 2007). Baettker *et al.* (2020), descrevem o lixiviado de aterro como sendo um produto da decomposição anaeróbia dos resíduos, somado à própria umidade dos resíduos e às águas pluviais que se infiltram no aterro. O fluído lixiviado dos aterros pode conter altas concentrações de metais pesados, sólidos suspensos e compostos orgânicos originados pela degradação de substâncias como carboidratos, proteínas e gorduras (HUSSEY *et al.*, 2021). Teixeira *et al.* (2016) acrescentam que de forma geral, o material lixiviado contém, em concentrações variadas, compostos orgânicos e inorgânicos, além de metais pesados que podem contaminar o ambiente e ser tóxicos aos seres vivos.

O problema aqui abordado tem como objeto o consórcio público criado no ano 1997, que possui sede no Município de Bom Progresso/RS, sendo que sua atividade consiste no processamento de resíduos sólidos urbanos, contemplando as etapas de recebimento, triagem, comercialização de materiais recicláveis e aterramento de rejeitos. Atualmente o consórcio recebe diariamente quarenta toneladas de resíduos sólidos urbanos.

Apesar de todos os benefícios e da importância deste para a região, existe uma problemática em relação à localização do empreendimento. O aterro está instalado a duzentos e oitenta metros da nascente que dá origem ao Lajeado Erval Novo, manancial hídrico que abastece o Município de Três Passos/RS. Ainda que a distância entre a atividade e a nascente atenda aos critérios técnicos estabelecidos pelas normas vigentes, essa questão causa insegurança para diversos segmentos da população atendida. É importante salientar ainda, que as margens do lajeado Erval Novo são ocupadas, quase que na totalidade de sua extensão, por atividades agrícolas, atividades essas com potencial de impacto ao manancial.

Tendo em vista esta problemática, pretendeu-se avaliar a dispersão de micropoluentes do aterro de resíduos sólidos urbanos do consórcio público em questão para as águas subterrâneas da área de

influência do empreendimento, bem como para a água superficial da nascente do Lajeado Erval Novo. Para tanto, utilizou-se parâmetros indicadores de qualidade da água medidos a partir de amostragens na rede de monitoramento das águas subterrâneas do empreendimento. Também foi avaliada a qualidade da água superficial da nascente. Pretendeu-se, sobretudo, fornecer à população análise ambiental capaz de proporcionar orientação referente aos riscos reais associados à localização do empreendimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Ao verificar a adequação das condições físicas de um local para a instalação de um aterro sanitário, tem-se como base a norma ABNT NBR13896-1997, que estabelece os critérios mínimos exigíveis para o projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos. Os critérios da norma também buscam estabelecer proteção adequada às coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e instalações vizinhas (ABNT, 1997). Os critérios estabelecidos pela referida norma técnica para a instalação de aterros sanitários são: declividade da área, geologia e tipos de solos existentes, distanciamento de recursos hídricos, vegetação, acessos, vida útil dos aterros, facilidade de acesso e distanciamento de núcleos habitacionais (ABNT, 1997).

A área onde está localizado o aterro sanitário do consórcio e a área de contribuição da nascente do Lajeado Erval Novo como um todo ocorre principalmente sobre domínio vulcânico caracterizado pelas rochas vulcânicas que compõem o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), sendo este sistema caracterizado como um reservatório fissural, no qual a água está associada à presença de descontinuidades na rocha, responsáveis por uma porosidade secundária associada a falhas, fraturas e diaclases (RADAM/BRASIL, 1986).

Segundo Streck *et al.* (2008), a região geomorfológica que corresponde à área em questão é o Planalto das Missões e mais especificamente a unidade denominada Planalto de Santo Ângelo, nesta área, mais precisamente na Região do Alto Uruguai, onde se localiza o Município de Bom Progresso, ocorrem Latossolos Vermelhos Distróficos e Eutroféricos. Latossolos são solos profundos, bem drenados, muito porosos, friáveis, bem estruturados, homogêneos e altamente intemperizados. Por serem solos muito homogêneos torna-se difícil a diferenciação em horizontes e por serem solos muito intemperizados têm predomínio de caulinita e óxidos de ferro (STRECK *et al.*, 2008).

Conforme dados fornecidos pelo empreendimento, a declividade do terreno é suavemente ondulada, entre 3 e 8%. A condutividade hidráulica do solo local está na ordem de 10^{-9} cm/s sendo classificado por Terzaghi e Peck (1967) como um grau de permeabilidade muito baixo. Além desses fatores, a distância da sede do consórcio de núcleos populacionais é superior a 3,5 Km e a profundidade do lençol freático é superior a quinze metros nos pontos em que a zona saturada está mais próxima à superfície. Considerando os critérios estabelecidos pela NBR13896-1997, as condições físicas do local são próprias para instalação de um aterro sanitário.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Delimitação do local de estudo

A fim de demonstrar a área superficial da bacia de contribuição da nascente do Lajeado Erval Novo elaborou-se a Figura 1. A imagem fora obtida com auxílio do *software* Bing Maps e posteriormente importada para o *software* Auto Cad Civil 3D 2016 que fornece a ferramenta para criação das curvas de nível na imagem de satélite importada. A área fora delimitada a partir da interpretação das curvas de nível traçadas na superfície.



Figura 1. Localização da nascente do Lajeado Erval Novo.
Fonte: elaborado pelos autores (2020).

O círculo em azul escuro demarca a localização da nascente envolta imediatamente pela faixa de mata ciliar. A poligonal em amarelo delimita a área ocupada pelo consórcio público localizado a uma distância próxima de 280 metros a montante da nascente. As demais áreas circunvizinhas são as áreas agrícolas. Em verde escuro têm-se fragmentos de vegetação nativa em meio às áreas agrícolas.

3.2 Qualidade das águas subterrâneas e superficial da nascente

A qualidade das águas subterrâneas na área do consórcio foi verificada a partir de análises de

águas amostradas na rede de poços piezométricos de monitoramento, instalada neste entre os anos de 2013 e 2014. Além da instalação dos poços, a investigação hidrogeológica objetivou detectar o limite da profundidade ou alcance da sondagem. Na área do consórcio, a profundidade da zona saturada inicial variou entre 15 e 22 metros nas sondagens realizadas. A partir do nível de água dos poços, os técnicos responsáveis pelo projeto elaboraram um mapa equipotenciométrico com indicação do sentido preferencial de escoamento das águas subterrâneas (Figura 2). Constatou-se na ocasião que o sentido preferencial das águas subterrâneas apontou para a direção noroeste (NW), ou seja, para o poço de monitoramento 02. Foram escolhidos para amostragem os poços 1, 2, 3, 5 e C circulados em vermelho na Figura 1, de forma que a rede ficou composta por dois poços à jusante e três poços à montante das células de aterro do consórcio.



Figura 2. Mapa equipotenciométrico com indicação do fluxo preferencial das águas subterrâneas. Fonte: elaborado pelos autores (2016).

Foram efetuadas duas amostragens em cada poço. A primeira amostragem fora realizada ao final do mês de junho e a segunda amostragem no início do mês de setembro do ano de 2016.

Nas mesmas ocasiões foram coletadas amostras de água da nascente do Lajeado Erval Novo. As amostragens foram realizadas em dias ensolarados e com boas condições climáticas, sem registros pluviométricos em dias anteriores. O plano utilizado para amostragem baseou-se na NBR 9898/87 e os métodos de amostragem atenderam ao *Standart Methods for the Examination Of Wather*, 22ª Ed. Os indicadores analisados foram os mesmos para a nascente e para os poços de monitoramento.

3.3 Laudos analíticos de águas subterrâneas em pontos distintos do município

Obteve-se junto à Secretaria Municipal de Saúde do Município de Bom Progresso, laudos analíticos de nascentes, olhos d'água e poços, utilizados para abastecimento de água em residências do meio rural em que não há alcance das redes públicas de abastecimento. Desta forma, são juntados a este estudo, laudos analíticos elaborados nos anos de 2015 e 2016 e que abrangem sessenta diferentes pontos amostrais distribuídos pelo território do município. Os resultados extraídos dos laudos para posterior análise foram os parâmetros microbiológicos coliformes totais e *Escherichia coli*, sendo que o anexo I da Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, define que coliformes totais indicam a eficiência de um determinado tratamento de água enquanto a presença de *Escherichia coli* indica contaminação fecal, sendo esta predominante no grupo dos coliformes

termotolerantes. Salienta-se que as águas amostradas não possuem tratamento prévio.

4. RESULTADOS

4.1 Avaliação das águas subterrâneas

A NBR 13896/97 orienta que um aterro deve ser construído e operado de forma que seja mantida a qualidade da água subterrânea, tendo em vista o abastecimento público, dessa forma adotou-se os parâmetros de potabilidade para análise dos resultados. Na tabela 1, apresenta-se os resultados expressos nos laudos fornecidos pelo laboratório responsável (credenciado junto ao órgão ambiental estadual). São expressas na tabela a média dos resultados obtidos nas duas amostragens realizadas e o comparativo com os padrões de potabilidade conforme a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

TABELA 1. Comparação dos indicadores de qualidade dos poços com os padrões de potabilidade da Portaria nº 2.914/2011. Fonte: elaborado pelos autores.

PARÂMETRO	Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço C	Poço 5	Padrão de potabilidade (VPM)*	Unidade
Alcalinidade total	<4,7	11,45	10,45	4,94	4,9	-	mg/L
Alumínio	7,773	0,181	0,196	0,181	1,396	0,2	mg/L
Bact.Heterotróficas	320	25	80	2746,5	88	500	UFC/mL
Cálcio	109600	5,54	5,41	4,39	7,17	-	mg/L
Chumbo Total	<0,01	<0,01	<0,01	<0,00	<0,01	0,01	mg/L
Cloreto	8,485	20,745	22,630	34,180	32,765	250	mg/L
Cobre total	0,103	0,006	<0,006	0,020	0,061	2	mg/L
Coliformes termotolerantes	<1	<1	<1	14	39	Ausência em 100mL	NPM/100mL
Coliformes totais	8	5	<1	61	46	-	NPM/100mL
Condutividade elétrica	1122	121,9	126,9	651,9	147,7	-	µS/cm
Cromo total	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	0,05	mg/L
Dureza total	398	50	30	24	39	500	mg/L
Ferro total	0,128	0,088	0,179	0,044	1,933	0,3	mg/L
Fluoreto	0,165	0,114	0,99	0,139	<0,068	1,5	mg/L
Magnésio	38,98	2,02	1,98	1,65	2,468	-	mg/L
Manganês	2,675	<0,009	0,210	0,082	0,505	0,1	mg/L

Níquel total	0,301	<0,02	<0,02	<0,022	<0,020	0,07	mg/L
Nitrato	8,73	12,46	32,67	26,42	178,90	10	mg/L
Nitrito	0,0145	<0,003	0,0043	<0,003	0,0048	1	mg/L
Nitrogênio total	0,25	0,14	0,2	0,29	0,5	-	mg/L
pH	3	5,38	5,34	5,49	5,30	6 – 9	-
Potássio	0,652	0,731	0,297	0,114	0,508	-	mg/L

Legenda: **Potável**, **Não potável**, Não previsto na Portaria 2914/11 *VMP - Valor máximo permitido.

De antemão pondera-se que os poços à montante das células de aterro são considerados brancos ou poços de referência em relação aos poços à jusante do aterro. Parte-se desse princípio uma vez que chegando ao lençol freático, o contaminante seguiria o fluxo das águas subterrâneas, diluindo-se nestas e passando a seguir o fluxo de drenagem. Dessa forma, havendo diluição do material lixiviado no lençol freático, essa interferência deveria ser percebida nos poços à jusante em quantidade superior à encontrada nos poços à montante, ou ainda, deveria ser percebida apenas nos poços à jusante.

Lê-se na tabela 1, que o Poço 1 apresenta os resultados mais negativos em relação a concentração de contaminantes, liderando os resultados que indicam maior concentração de substâncias poluentes para os parâmetros: alumínio, cálcio, cobre total, condutividade elétrica, dureza, magnésio, manganês, nitrito, sulfato e zinco total. Além disso, o Poço 1 foi o único com presença de níquel, detectada nas duas amostras recolhidas. Destaca-se ainda o pH 3 na água deste poço, baixo em relação aos padrões de potabilidade e em relação aos resultados obtidos nos demais poços. O segundo poço que apresentou resultados mais negativos foi o Poço 5, onde foi detectada a maior concentração de ferro total. Também no Poço 5 as análises detectaram presença de alumínio, cálcio, cobre total, magnésio, manganês, nitrito e sódio em concentrações superiores às concentrações detectadas nos Poços 2, 3 e C. O Poço C apresentou maior concentração de bactérias heterotróficas e cloretos, porém a concentração de cloretos, dentro do padrão de potabilidade. Por sua vez, os Poços 2 e 3 indicaram a menor concentração de poluentes para os parâmetros analisados, excetuando-se a presença de potássio no Poço 2 e de nitrato no Poço 3, ambas substâncias encontradas em maior concentração nesses poços.

Com isso, descarta-se a possibilidade de que contaminantes provenientes do aterro do consórcio estejam atingindo as águas subterrâneas e representando risco potencial de atingir o

afloramento de água formador da nascente do Lajeado Erval Novo. Contudo, não se pode desconsiderar que metais como manganês (Poços 1, 3 e 5), níquel (Poço 1), são característicos de áreas contaminadas por material lixiviado de aterro. No que tange à presença de metais nas águas, *Mepayeda et al.* (2020), encontraram concentrações elevadas de mercúrio em amostras de águas subterrâneas em concentrações acima dos limites aceitáveis em estudo que avaliou a contaminação das águas subterrâneas em um aterro sanitário da África do Sul. *Riguetti et al.* (2015), analisaram as concentrações de manganês, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e cromo, em amostras de chorume coletado no aterro sanitário de Dourados, Mato Grosso do Sul. Todos os metais avaliados foram detectados, sendo que os elementos manganês, zinco e chumbo apresentaram maiores concentrações nos períodos chuvosos e os demais elementos nos períodos de estiagem. Dentre estes metais, nas campanhas analíticas realizadas no consórcio apenas manganês fora detectado (Poços 1, 3 e 5). Oliveira (2004) avaliou a contaminação causada pelo material lixiviado de um aterro controlado no Município de Botucatu/SP. Os resultados obtidos indicaram poluição ambiental por metais pesados: cádmio, chumbo, cromo, níquel e zinco, conseqüentemente, contaminação do lençol freático por cádmio e chumbo; da solução do solo por cádmio, chumbo e cromo; e da água superficial por níquel (OLIVEIRA, 2004). Entre estes metais pesados, somente zinco foi detectado em todos os poços, porém dentro do valor máximo aceitável para potabilidade. A presença de níquel fora detectada somente no Poço 1 (branco para influência do aterro).

Jucá e Oliveira (2004), encontraram resultados elevados para a concentração de íons cloreto, sódio e cálcio em material percolado de aterro. A acentuada presença desses íons em áreas contaminadas por materiais lixiviados de aterros, está provavelmente relacionada à elevada solubilidade apresentada pela maioria dos sais que contém estes elementos, facilitando o processo de

solubilização e/ou de lixiviação. A presença desses íons em concentrações aceitáveis para os limites de potabilidade, corrobora para a hipótese de que não há contaminação proveniente das células de aterro do consórcio no lençol freático. Em estudo similar realizado por Han et al. (2014), em um aterro sanitário da China, os principais poluentes encontrados acima dos limites estabelecidos foram cloreto e amônio.

Faz-se importante ainda ponderar que neste estudo não fora considerada a variável pluviosidade do período amostral. Em períodos de menor pluviosidade os solutos tendem a ficar mais concentrados nas águas, ao passo que também tem sua mobilidade reduzida pelo baixo fluxo de águas (CHUNG et al., 2018). Para além desta ressalva, em se tratando de poços rasos, quando os mesmos estão com baixo nível estático pode ocorrer, ainda

que de forma indesejada, a coleta de sedimentos de solo junto à água, o que contribui para elevação da concentração dos indicadores na mesma. Indica-se que em estudos posteriores estas variáveis sejam analisadas.

4.2. Análise de contaminação da nascente do Lajeado Erval Novo

Na Tabela 2 são expressas as médias dos resultados obtidos para as análises de água da nascente nas duas campanhas amostrais realizadas. A tabela foi elaborada com base nos laudos analíticos e padrões de qualidade da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

TABELA 3. Indicadores de qualidade da nascente. Fonte: elaborado pelos autores.

Legenda: Potável, Não potável, Não previsto na Portaria 2914/11 *VMP - Valor máximo permitido Tabela

PARÂMETRO	Nascente	Padrão de Potabilidade	Limite de Detecção	Unidade
Alcalinidade total	19,66	-	4,7	mg/L
Alumínio	0,188	0,2	0,066	mg/L
Bactérias	450	500	1	UFC/mL
Cálcio	7,14	-	0,44	mg/L
Chumbo Total	<0,01	0,01	0,01	mg/L
Cloretos	7,07	250	0,493	mg/L
Cobre total	>0,006	2	0,006	mg/L
Coliformes	1836,5	Ausência em 100	1	NPM/100mL
Coliformes totais	2925	-	1	NPM/100mL
Condutividade elétrica	67,9	-	-	µS/cm
Cromo total	<0,022	0,05	0,022	mg/L
Dureza total	34	500	1,480	mg/L
Ferro total	0,57	0,3	0,035	mg/L
Fluoreto	0,34	1,5	0,068	mg/L
Magnésio	3,3	-	0,018	mg/L
Manganês	0,051	0,1	0,009	mg/L
Níquel total	<0,02	0,07	0,020	mg/L
Nitrato	10,4	10	0,010	mg/L
Nitrito	<0,003	1	0,003	mg/L
Nitrogênio total	0,12	-	0,020	mg/L
Oxigênio Dissolvido	6,9	-	0,40	mg/L
pH	5,92	6-9	-	-
Potássio	0,68	-	0,034	mg/L
Sódio	7,54	200	0,054	mg/L
Sólidos dissolvidos	68,5	1000	1,0	mg/L
Sulfato	9,1	250	0,690	mg/L
Turbidez	2,59	5	0,280	NTU
Zinco total	0,017	5	0,014	mg/L

Analisando os parâmetros encontrados em concentrações acima do padrão de potabilidade, referente à concentração de ferro destaca-se que o teor desse metal se apresentou alto nas águas subterrâneas, no solo e em menor proporção na água da nascente, porém ainda superior ao valor de referência. Atribui-se a presença de ferro em todos esses ambientes ao intemperismo e ao material de origem do solo local, os Latossolos Vermelhos têm predomínio de caulinita e óxidos de ferro (STRECK, 2008).

Outro fator a ser considerado é que o pH das águas subterrâneas e da nascente apresenta característica natural levemente ácida, e esta característica se mantém ao longo de todas as campanhas. De acordo com dados fornecidos pelo empreendimento, em média, o lixiviado bruto do aterro possui pH alcalino, próximo a 8. Desta forma, se fosse percebida tendência à alcalinização das coleções hídricas locais, isto poderia apontar possível infiltração do lixiviado, o que não vem ocorrendo. Segundo Han *et al.* (2014), o lixiviado do aterro é uma fonte significativa de alcalinidade sendo que em recursos hídricos contaminados por aterros há tendência a alcalinização.

O baixo pH do solo e do aquífero local, também podem ser explicados para a ocorrência do metal alumínio em solução (Al^{3+}) em concentrações elevadas na água da nascente. À medida que a intemperização dos solos ácidos avança, pela alta atividade dos íons hidrogênio (H^+) em solução, cria-se condição para que o alumínio presente no solo possa ser liberado para a solução de solo, ocorrendo percolação de cátions alcalinos e alcalinos terrosos, ou seja, lixiviação de bases (SILVA *et al.*, 2016).

Embora a presença de alumínio em águas superficiais possa ser de ocorrência natural, não se pode descartar o potencial de liberação desse contaminante por atividades antrópicas como a agricultura e a lixiviação proveniente de aterros sanitários. É importante destacar que a presença de alumínio acima do padrão de potabilidade representa riscos à saúde pública, uma vez que metais na água são absorvidos pelo organismo humano através do trato gastrointestinal. O efeito cumulativo do alumínio, a longo prazo, pode causar encefalopatia grave em pacientes que sofrem diálise renal, podendo levar a distúrbios neurológicos, entre outras doenças que afetam o sistema nervoso central (FREITAS *et al.*, 2001).

A presença de nitrato foi detectada em concentração 0,4 mg/L acima do padrão de potabilidade. Resende (2002) esclarece que o nitrato é a principal forma em que o nitrogênio

está associado à contaminação da água pelas atividades agropecuárias. Devido às características químicas da molécula, o nitrato da solução de solo fica mais propenso à lixiviação, sendo conduzido às águas superficiais. Diversos estudos destacam a ocorrência de contaminação por nitrato e nitrito em bacias hidrográficas ocupadas por atividades agropecuárias. Autores como (ALABURDA e NISHIHARA, 1998), consideram que concentrações superiores a 3 mg.L^{-1} em amostras de água são indicativos de contaminação por atividades antropogênicas. Em estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2019), foram analisados seis pontos de captação de água em fontes alternativas da zona rural do município de Visconde de Rio Branco/MG, a concentração média de NO_3^- foi de $0,58 \text{ mg.L}^{-1}$, concentração bastante inferior ao detectado na nascente do Lajeado Erval Novo. Resende (2002) destaca ainda que a elevação dos teores de nitrato na água é indicativo de risco potencial de outras substâncias indesejáveis, tais como moléculas sintéticas de defensivos agrícolas que possivelmente se comportam de forma análoga ao nitrato.

4.3. Índices de poluição em outras nascentes e águas subterrâneas do município de Bom Progresso

Considerando a detecção elevada de coliformes termotolerantes na água da nascente, pondera-se que embora sugira não potabilidade, a análise da presença de coliformes deve ser feita a luz do conhecimento das características ambientais do local de amostragem e considerando o tratamento aplicado à mesma, para a amostra em questão não há tratamento, bem como não há captação para consumo humano. Entretanto, o parâmetro Coliformes termotolerantes é predominantemente caracterizado pela presença da bactéria *Escherichia coli*, indicadora de contaminação fecal.

Dos sessenta pontos amostrais (em nascentes ou poços rasos da zona rural do município de Bom Progresso) apenas três apresentaram condições próprias para o consumo humano (Figura 3). Em oito pontos não foi apresentada conclusão sobre a potabilidade da água devido às amostras apresentarem presença de coliformes totais e ausência de *Escherichia Coli*.

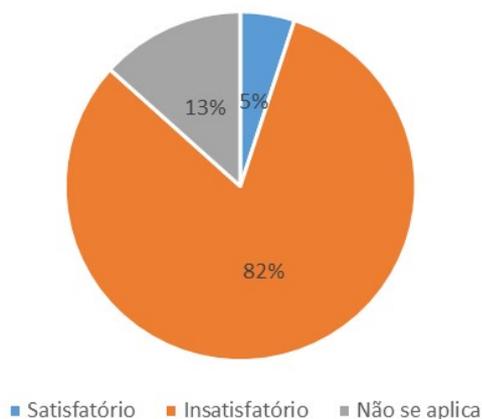


Figura 3. Avaliação da potabilidade das amostras de água da zona rural de Bom Progresso conforme parâmetros microbiológicos. Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Em quarenta e nove pontos as amostras foram consideradas não potáveis devido à presença de *Escherichia Coli*, indicador de contaminação fecal. Amaral *et al.* (2003) verificou situação semelhante quando analisou a qualidade microbiológica da água em propriedades rurais na região Nordeste do Estado de São Paulo. Na ocasião, divulgou-se a constatação de que 90% das águas de consumo humano (fontes, poços, nascentes ou reservatórios) estavam fora dos padrões de potabilidade no período chuvoso e 83,3% estavam nas mesmas condições em períodos de estiagem (AMARAL *et al.*, 2003).

Desta forma, entende-se que não é incomum a presença de coliformes em bacias de ocupação predominantemente agropecuária, conseqüentemente os parâmetros microbiológicos não podem ser avaliados de forma isolada como indicadores de contaminação de aterros de resíduos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Referente às águas subterrâneas, observou-se que os poços à jusante das células de aterro (poços 2, 3 e C), apresentaram qualidade superior aos poços localizados à montante das células de aterro. Os Poços 2 e 3 indicaram a menor concentração de poluentes para os parâmetros analisados, excetuando-se a presença de potássio no Poço 2 e de nitrato no Poço 3. Outra exceção foi a maior concentração de bactérias heterotróficas no Poço C. Para os parâmetros encontrados acima dos limites de potabilidade nos poços de monitoramento, discute-se a possibilidade de ocorrência natural, origem de deflúvio da atividade agrícola ou,

ainda, nos pontos à jusante, não se descarta a possibilidade de influência do aterro. Conclui-se que com base neste estudo, não há evidências de contaminação do aquífero local proveniente dos aterros do consórcio.

Por fim, a avaliação dos parâmetros de qualidade da nascente do Lajeado Erval Novo apresentou resultados acima do valor máximo permitido para potabilidade apenas para as concentrações de ferro e nitrato, além dos parâmetros microbiológicos. Para a elevada concentração de ferro aponta-se possível ocorrência natural, sendo produto do intemperismo do solo local. Por sua vez, o nitrato é apontado por Resende (2002) como a principal forma em que o nitrogênio está associado à contaminação da água pelas atividades agropecuárias. Sendo assim, destaca-se que o manejo agrícola possivelmente tem alterado a qualidade da água da nascente do Lajeado Erval Novo.

Para esse estudo, desqualifica-se a análise isolada dos parâmetros microbiológicos como indicativos de contaminação proveniente do aterro, tanto para os poços quanto para a nascente devido à grande quantidade de variáveis e a alta frequência de contaminação semelhante em outros pontos do município.

Para evolução do monitoramento realizado indica-se a avaliação da interferência do regime pluviométrico de cada período sobre o comportamento da disseminação de contaminantes no aquífero.

REFERÊNCIAS

- ALABURDA, J. & NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Revista de Saúde Pública*, 32:160-165, 1998.
- AMARAL, Luiz Augusto *et al.* Água de consumo humano como fator de risco em propriedades rurais. *Rev Saúde Pública USP*. 37(4):510-4. Disponível em <http://www.rsp.fsp.usp.br/>. (2003)
- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas. **NBR13896. Estabelece os critérios mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos**. Rio de Janeiro: 1997.
- BAETTKER, Ellen Caroline *et al.* Applicability of conventional and non-conventional parameters for municipal landfill leachate characterization. *Chemosphere* 251, 126414. 2020.
- BRASIL. **Portaria Ministério da Saúde 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: 12 dez. 2011.

CELERE, Mariana Smidt *et al.* Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Caderno Saúde Pública**. Rio de Janeiro. Abr, 2007.

CHUNG, S. S *et al.* Select antibiotics in leachate from closed and active landfills exceed thresholds for antibiotic resistance development. **Environment International** 115. 89-96. 2018.

FREITAS, Marcelo Bessa *et al.* Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 17(3):651-660, mai-jun, 2001.

HAN, Dongmei *et al.* Evaluation of the impact of an uncontrolled landfill on surrounding groundwater quality, Zhoukou, China. **Journal of Geochemical Exploration**. 136, 24-39. 2014.

HUSSEIN, Munirah *et al.* Heavy metals in leachate, impacted soils and natural soils of different landfills in Malaysia: An alarming threat. Volume 267, 128874. 2021.

JUCÁ, José Fernando Thomé, OLIVEIRA, Fernando Jorge Santos. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. **Eng Sanit Ambient** 9:211-7. Jun/set 2004.

OLIVEIRA, Selene de. Avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário. Artigo técnico publicado no periódico **Eng.Ambiental e Sanitária**. Vol. 9 - nº 3. Jul-Set. 2004.

MEPAIYEDA, Seyi *et al.* **Geological and geophysical assessment of groundwater contamination at the Roundhill landfill site**, Berlin, Eastern Cape, South Africa. Heliyon e04249. 2020.

MINGOTI, Rafael; SPADOTTO, Claudio Aparecido; MORAES, Diego Augusto de Campos. Suscetibilidade à contaminação da água subterrânea em função de propriedades dos solos do Cerrado brasileiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.9, p.1252-1260, set. 2016.

RADAM/BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAM/BRASIL: **Levantamento dos Recursos Naturais**. Campo Grande/RJ. Vol 28, 1986.

RESENDE, Álvaro Vilela. Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. **Documentos ISSN1517-5111**. Embrapa -

Ministério do Desenvolvimento Agrário. Planaltina/DF. 2002.

RODRIGUES, Áureo L. *et al.* Levantamento e análises das fontes alternativas de captação de água utilizadas no abastecimento de uma população rural de Visconde do Rio Branco - MG. **Revista Águas Subterrâneas** - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2019.

SILVA, Leandro Souza *et al.* Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Núcleo Regional Sul**. - [s.l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016.

STRECK, Edeimar Valdir *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Emater/RS, 2008.

TEIXEIRA, Caroline Almeida *et al.* Avaliação Ecotoxicológica de Lixiviados de Dois Aterros Sanitários de Grande Porte e de um Lixão Desativado Localizados na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia**. Geotécnica, COBRAMSEG 19-22 Outubro, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil © ABMS, 2016.

TERZAGHI, K.; Peck, R.B. **Mecânica dos solos na Prática da Engenharia**. Segunda Edição: John Wiley & Sons, Nova York. 1967.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4144-5287>

CARLA ARCOVERDE DE AGUIAR NEVES (CAAN), Dra. | IFSC | CST Design de Produto | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: Rua da Saracura, nº Pedra Branca - Palhoça - CEP 88137-170 | E-mail: carcoverde@ifsc.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7712-8342>

LUMA SCHERVENSKI TEJADA (LST), Esp. | IFCE | Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão de Recursos Hídricos | Fortaleza, CE - Brasil | Correspondência para: Rua Carlos Gomes, 107 Três Passos/RS CEP 98600-000 | E-mail: lumatejada@yahoo.com.br

HOW TO CITE THIS ARTICLE

NEVES, Carla Arcoverde de Aguiar; TEJADA, Luma Schervenski. Impacto Ambiental do Consórcio Público Sobre a Nascente do Lajeado Erval Novo. **MIX Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 158-167, jan.

2022. ISSN 24473073. Disponível em:
<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v7.n4.158-167>

Submitted: 02/07/2020

Approved: 25/05/2021

Published: 01/12/2021

Editor Responsável: Paulo Cesar Machado Ferroli

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

CAAN, LST: conceituação, análise formal, metodologia, recursos, administração do projeto, escrita -rascunho original, escrita -revisão e edição.

LST: investigação

CAAN: supervisão

Declaração de conflito: nada foi declarado.