

ÁREA TEMÁTICA: Gestão ambiental

AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFÍCIAS, SUBTERRÂNEAS E DE EFLUENTES DO ATERRO CONTROLADO DO MUNICÍPIO DE SANTO ÂNGELO - RS

Isabela Karina Della Flora^{1,2} (meioambiente@santoanelo.rs.gov.br), Gabriele Kuhn Dupont² (gabi-dupont@hotmail.com), Humberto Welter Hartmann¹ (meioambiente@santoanelo.rs.gov.br), Maurício Setani¹ (meioambiente@santoanelo.rs.gov.br), Francisco da Silva Medeiros¹ (meioambiente@santoanelo.rs.gov.br), Antonio Carlos Lopes Cardoso¹ (meioambiente@santoanelo.rs.gov.br), Bruno München Wenzel² (bruno.wenzel@uffs.edu.br)

¹ Secretaria do Meio Ambiente, Santo Ângelo

² Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo

RESUMO

Os aterros sanitários são uma das fontes mais recorrentes de contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Para limitar seus impactos, os regulamentos ambientais atuais impõem a adoção de medidas específicas sobre o lançamento de efluentes líquidos em recursos hídricos, promovendo assim a proteção da qualidade das águas e do ambiente em torno dos aterros. O objetivo deste estudo foi acompanhar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas em torno do aterro sanitário do município de Santo Ângelo (RS), bem como, a caracterização do lixiviado das lagoas de tratamento desativadas. Para isso, foram avaliados vários parâmetros de qualidade das águas e efluentes líquidos e comparados com os resultados obtidos nos últimos anos e com os regulamentos vigentes. Os resultados apontaram que há contaminação na área por diversos poluentes, como o chumbo e cloreto, frequentemente detectados em áreas de disposição incorreta de resíduos sólidos. Além disso o lixiviado coletado da célula não tem o tratamento adequado para suas características, tornando as lagoas de contenção do lixiviado um grande risco ambiental. Diante disso, avalia-se que se torna necessário a elaboração de um plano remediação de área degradada, para encerrar a célula do aterro, tratar o efluente das lagoas e recuperar o dano causado pelas décadas de disposição incorreta de RSU.

Palavras-chave: Aterro sanitário; águas subterrâneas e superficiais; resíduos sólido urbanos.

ASSESSMENT OF THE QUALITY MONITORING OF SURFACE WATERS, UNDERGROUND AND EFFLUENTS FROM THE CONTROLLED LANDFILL IN THE MUNICIPALITY OF SANTO ANGELO - RS

ABSTRACT

Landfills are one of the most recurrent sources of contamination of ground and surface water. To limit its impacts, current environmental regulations impose the adoption of specific measures on the discharge of effluents in water resources, thus promoting the protection of water quality and the environment around landfills. The aim of this study was to monitor the quality of surface and groundwater around the sanitary landfill in the municipality of Santo Ângelo (RS), as well as the leachate characterization of the deactivated treatment ponds. For this, several water and effluent quality parameters were evaluated and compared with the results obtained in recent years and with the regulations in force. The results showed that there is contamination in the area by several pollutants, such as lead and chloride, frequently detected in areas of incorrect disposal of solid waste. In addition, the leachate collected from the cell does not have the proper treatment for its characteristics, making leachate containment ponds a great environmental risk. In view of this, it is assessed that it is necessary to develop a plan for the remediation of degraded areas, to close the

landfill cell, treat the effluent from the lagoons and recover the damage caused by the decades of incorrect MSW disposal.

Keywords: Landfill; groundwater and surface water; solid urban waste.

1. INTRODUÇÃO

A alta taxa de urbanização, devido ao crescimento exponencial da população aliado ao desenvolvimento econômico, levou a uma intensificação na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e assim, tem aumentado também, os desafios pela gestão desses resíduos (TENODI *et al.*, 2020). Os RSU são produzidos diariamente em alta escala e a sua disposição tem sido tratada como uma problemática ambiental, uma vez que exige grandes espaços de terra chamados de aterros, para a sua degradação (VENKATESAN *et al.*, 2020). A disposição dos RSU em aterros sanitários tem ocasionado alta fonte de contaminação do solo, das águas subterrâneas e das águas superficiais devido à infiltração de lixiviados (MISHRA *et al.*, 2019).

As águas subterrâneas constituem o principal reservatório de água doce destinado para consumo doméstico, industrial e na agricultura para irrigação. Nesse cenário, sua proteção é amplamente necessária para garantir o suprimento das necessidades humanas e da preservação do meio ambiente (STEFANIA *et al.*, 2018). No Brasil, existem regulamentos estaduais e nacionais que visam a proteção dos recursos hídricos, estabelecendo medidas específicas para evitar a poluição e a deterioração da qualidade das águas. Para isso, a resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) nº 355/17 traz os padrões de lançamento de efluentes para o Estado do Rio Grande do Sul, e a nível federal, os padrões de lançamentos de efluentes são estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 430/11.

Estudo recente (MARIN *et al.*, 2018), avaliaram a qualidade das águas subterrâneas do rio da Lapa (PR), e averiguaram a partir de ensaios físico-químicos, que todos os poços de monitoramento possuíam substâncias com concentrações superiores a legislação vigente, muito provavelmente devido à disposição inadequada de resíduos, tanto do aterro sanitário quanto de estruturas ao redor do aterro, diretamente no solo e sem a devida proteção. Além disso, os autores constataram a presença de metais como o alumínio, ferro e manganês também em elevadas concentrações.

Outro estudo (ROSA *et al.*, 2017), sobre o impacto ambiental dos aterros sanitários desativados aponta que deve-se adotar medidas de contenção do lixiviado, uma vez que, todos os aterros desativados podem causar algum tipo de impacto aos cursos d'água em seu entorno. Para isso, deve-se avaliar as questões socioambientais que o circundam, além do histórico de tipo de resíduos e diversos fatores para analisar em seu trajeto de operação.

Diante disso, este estudo avalia o impacto do lixiviado do Aterro Sanitário Controlado do município de Santo Ângelo (RS), na qualidade das águas superficiais e subterrâneas circundantes, além de caracterizar o lixiviado de RSU das lagoas de efluente.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é caracterizar o lixiviado de resíduos sólidos urbanos e avaliar o impacto do lixiviado na qualidade das águas superficiais e subterrâneas em torno do local do aterro sanitário desativado do município do de Santo Ângelo, Estado do Rio Grande do Sul. Além disso, comparar os resultados dos parâmetros físico-químicos encontrados com os limites estabelecidos pela legislação vigente, bem como discorrer sobre possíveis causas de contaminação.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

O município de Santo Ângelo, localizado na região das Missões no Rio Grande do Sul, tem uma população de 76.304 habitantes (IBGE, 2010), e gera cerca de 1.400 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por mês. Atualmente os RSU são encaminhados para um Aterro Sanitário localizado no município vizinho de Giruá/RS, porém durante muitos anos os RSU gerados no município foram

dispostos de forma incorreta, onde hoje existe o Aterro Controlado Municipal (Figura 1), o que gerou um grande problema ambiental.

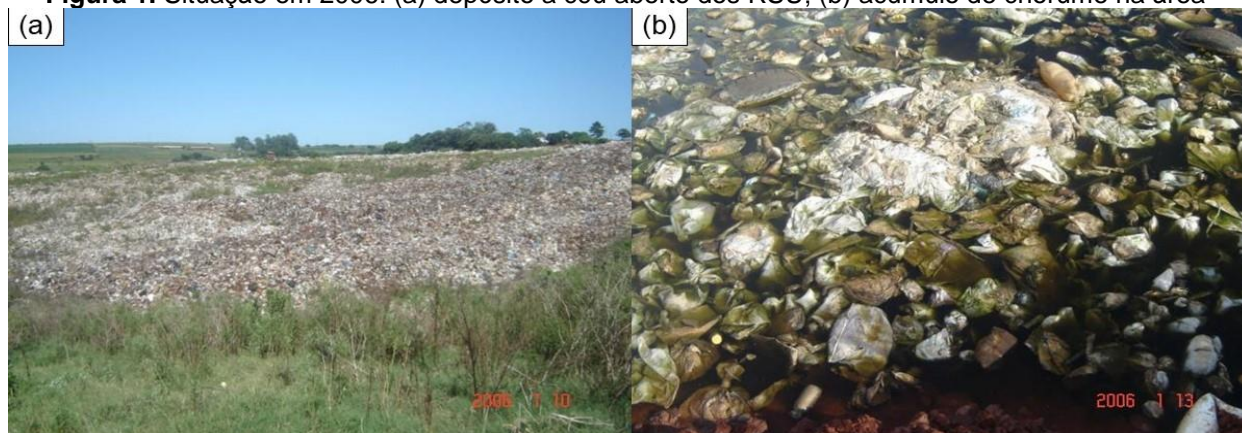
A área do Aterro Controlado Municipal encontra-se localizada na Rodovia ERS-344, km 89, Distrito de Restinga Seca, Santo Ângelo (RS). Dentro dos limites da área do aterro funciona também a usina de asfalto e concreto asfáltico pertencente ao município, sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos e também a Central de Triagem de Resíduos com operação sob responsabilidade da Associação de Catadores Ecos do Verde.

O local era utilizado para a atividade de disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) desde a década de 90 e no início operou como um lixão a céu aberto sem as medidas de controle necessárias à preservação do meio ambiente.

A partir de 2006, iniciaram-se as obras de adequação da área. Implantou-se ações como a compactação dos resíduos, nivelamento e cobertura com manta de argila, construção de um sistema de coleta e queima de gases, um sistema de coleta de lixiviado e a construção de 4 lagoas para contenção do lixiviado. A disposição de resíduos cessou em 2016, quando a célula de disposição passou a ser usada apenas como estação de transbordo dos resíduos coletados.

A fim de investigar a contaminação e o impacto local, ocorreram duas campanhas de amostragem da água subterrânea, superficial e dos efluentes das lagoas de lixiviado (uma em 2017 e outra em 2019).

Figura 1. Situação em 2006: (a) depósito a céu aberto dos RSU; (b) acúmulo de chorume na área



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Pontos de amostragem

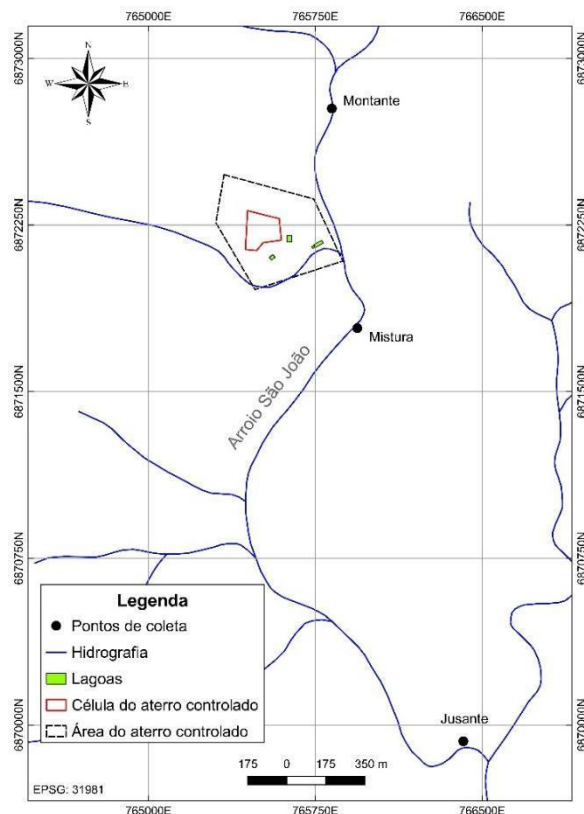
Figura 2. Localização dos poços de monitoramento e das lagoas de lixiviado



Fonte: Elaborado pelos autores, através do Software QGIS com imagens de Satélite disponibilizadas pelo Google Earth.

Para monitoramento da qualidade da água subterrânea foram instalados 5 poços nos arredores da célula de disposição de RSU (Figura 2). Vinte e quatro horas antes da coleta foi realizado o esgotamento dos poços, por meio de bomba de sucção. As coletas foram então feitas no dia seguinte, com bombas de sucção ou bailer, a depender da altura da coluna d'água, em frascos previamente preparados para recebimento das amostras. O monitoramento do lixiviado do aterro ocorreu através da amostragem das lagoas de tratamento (Figura 2), em 2017 foi realizada apenas amostragem da lagoa 4 (devido a limitações orçamentárias para as análises), e em 2019 foram coletadas amostras de todas as lagoas em 2019 (Lagoa 1, Lagoa 2, Lagoa 3 e Lagoa 4). As lagoas funcionam como lagoas de contenção e maturação do lixiviado, sendo que as lagoas 1 e 2 recebem lixiviado diretamente do aterro e escoam por gravidade para a lagoa 3, que tem ligação com a lagoa 4.

Figura 3. Pontos de amostragem da água superficial no Arroio São José



Fonte: Elaborado pelos autores, através do Software QGIS.

Para monitoramento da qualidade da água superficial analisou-se amostras de água do Arroio São José (Figura 3), localizado próximo a área de estudo. Na campanha de amostragem de 2017 foram coletadas amostras dos pontos denominados Montante e Mistura. Na campanha de amostragem de 2019 foi inserido o ponto de coleta denominado Jusante, localizado a jusante da área de estudo.

3.3 Análises

Após coletadas, as amostras foram enviadas para análises em laboratório acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO. As amostragens foram realizadas em frascos específicos para cada tipo de análise, fornecidos pelo laboratório responsável, e enviadas para análise sob refrigeração. Os parâmetros analisados para cada tipo de amostra e o método analítico pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros analisados e respectivos métodos analíticos

Parâmetro	Unidade	Águas subterrâneas e superficiais		Lixiviado	
		Método Analítico	LQ	Método Analítico	LQ
Chumbo Total	mg Pb L ⁻¹	EPA Método 200.7:2001	0,004	EPA Método 200.7:2001	0,004
Cloreto Total	mg CL L ⁻¹	EPA Método 9056A:2007	0,5	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 CL C	6
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg N L ⁻¹	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 – NH3 B/ 4500 – Norg B/ CETESB 1978, Método L5.136	0,3	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 NH3 B e C/ 4500 – Norg B	5

Nitrogênio Amoniacal	mg NH ₃ -N L ⁻¹	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 NH3 B e C/ CETESB 1978, Método L5.136	0,3	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 NH3 B e C	5
Nitrato	mg N-NO ₃ L ⁻¹	EPA Método 9056A:2007	0,005	NBR 12620:1992	1
Nitrito	mg N-NO ₂ L ⁻¹	EPA Método 9056A:2007	0,05	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 – NO2 B	0,03
Fósforo Total	mg P L ⁻¹	EPA Método 200.7:2001	0,006	EPA Método 200.7:2001	0,006
Sulfato Total	mg SO ₄ L ⁻¹	EPA Método 9056A:2007	0,5	SMWW, 23ª Edição, Método 4500- SO4-2 E	15
Coliformes Termotolerantes	Log (NMP)	SMWW, 22ª Edição, Método 9223B-2B	1	SMWW, 22ª Edição, Método 9223B-2B	1
Coliformes Totais	Log (NMP)	SMWW, 23ª Edição, Método 9223 B	1	SMWW, 23ª Edição, Método 9223 B	1
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5)	mg DBO ₅ L ⁻¹	SMWW, 23ª Edição, Método 5210 B	2	SMWW, 23ª Edição, Método 5210 B	2
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg O ₂ L ⁻¹	SMWW, 23ª Edição, Método 5220 B	6	SMWW, 23ª Edição, Método 5220 D	25
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg O ₂ L ⁻¹	SMWW, 22ª Edição, Método 4500 O	0,2	SMWW, 22ª Edição, Método 4500 O	0,2
pH	-	SMWW, 23ª Edição, Método 4500- H+ B	-	SMWW, 23ª Edição, Método 4500- H+ B	-
Temperatura do ar	°C	Medida in loco	-	Medida in loco	-
Turbidez	NTU	SMWW, 23ª Edição, Método 2130 B	2	SMWW, 23ª Edição, Método 2130 B	2

1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os aterros sanitários são considerados fontes importantes de contaminação de águas devido ao vazamento de lixiviados, que apresentam uma mistura complexa de poluentes orgânicos e inorgânicos (HAN *et al.*, 2016). Durante muitos anos a falta de sistemas de coleta de lixiviado e a incorreta operação do Aterro Controlado de Santo Ângelo ocasionou o vazamento do lixiviado, mesmo após a construção do sistema de coleta, atingindo solo, águas superficiais e subterrâneas. Os resultados das análises das lagoas, encontram-se expostos na Tabela 2, os quais foram comparados com o disposto na Resolução Conama 430/11 e com a Resolução Consema 355/17, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes. O pH das lagoas está acima do padrão estabelecido pela Conama 430/11 (pH entre 5 e 9) e pela Consema 355/17 (6 a 9) nas lagoas 3 e 4, nas análises de 2019. Nas análises de 2017 o pH não ultrapassou os Valores Máximos Permitidos (VMP). De um modo geral, a qualidade do lixiviado gerado nos aterros sanitários dos RSU muda continuamente à medida que os aterros sanitários envelhecem. No estágio inicial do aterro, os tipos e as concentrações de poluentes no lixiviado tornam-se gradualmente complexos e altos, depois que a concentração atinge seu valor de pico, ela diminui e se estabiliza para algum valor constante (HAN *et al.*, 2016). Um indicativo da estabilização do lixiviado é um pH alcalino (>7,5) (HUSSEIN *et al.*, 2019), como o caso das amostras do lixiviado do Aterro Controlado de Santo Ângelo.

Tabela 2. Parâmetros Analisados para lagoas de lixiviado

Parâmetro	Unidade	LQ	Lagoa	Lagoa	Lagoa	Lagoa	Lagoa
			4	1	2	3	4
			2017		2019		

Chumbo	mg Pb L ⁻¹	0,004	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cloreto	mg CL L ⁻¹	5	171	198	82,9	113	100
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg N L ⁻¹	0,3	55,3	70,7	12,2	8,8	5,5
Nitrogênio Amoniacal	mg NH ₃ -N L ⁻¹	0,3	n.r.	68	8,4	3,11	2,35
Nitrito	mg N-NO ₂ L ⁻¹	0,05	n.r.	0,64	3,3	2,48	0,51
Nitrato	mg N-NO ₃ L ⁻¹	1,03	6,918	7,2	2,2	10,2	6,2
Fósforo Total	mg P L ⁻¹	0,006	n.r.	0,38	0,111	0,301	0,215
Sulfato Total	mg SO ₄ L ⁻¹	4	10,7	52	44	93	29
Coliformes Termotolerantes	Log (NMP)	1	100	820	9,7	19,9	100
Coliformes Totais	Log (NMP)	1	64880	20140	14010	77010	6500
DBO	mg DBO ₅ L ⁻¹	2	63	47	27	50	52
DQO	mg O ₂ L ⁻¹	6	209	148	77,4	191	194
Oxigênio Dissolvido	mg O ₂ L ⁻¹	0,2	5,16	8,53	7,47	4,46	5,04
pH à 25°C - Bancada	-	-	8,29	7,32	8,47	9,31	9,57
Temperatura do ar	°C	-	24,1	22	22	22	22
Turbidez	NTU	2	n.r.	130	14,2	65,6	54,5

LQ: Limite de Quantificação; n.r.: amostragem não realizada.

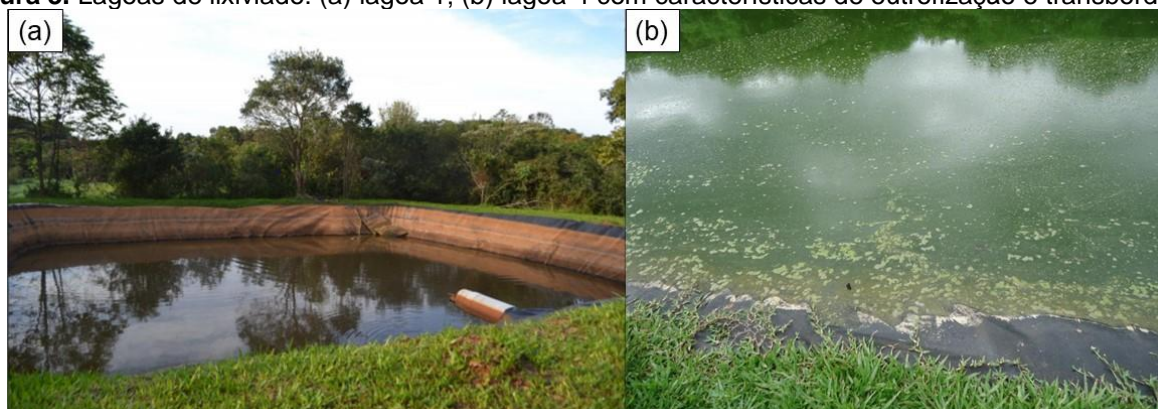
O chumbo ficou abaixo do VMP em todas as amostras. Han *et al.* (2016) aponta que o nitrogênio amoniacal e o cloreto estão entre os principais poluentes contidos nos lixiviados de aterro. O Nitrogênio Amoniacal está acima do VMP para as duas resoluções citadas na amostra da lagoa 1, mas abaixo em todas as demais lagoas, evidenciando que o processo que ocorre nas lagoas é capaz de remover nitrogênio. O Cloreto não tem valor de referência na legislação, porém apresenta altas concentrações em todas as amostras.

O parâmetro de fósforo total e coliformes termotolerantes está dentro dos limites estabelecidos pelas duas normas, porém a Consema 355/17 estabelece que o processo de tratamento dos efluentes para descarte em corpos hídricos deve atender eficiência mínima de 75% para fósforo total e 95% para coliformes termotolerantes, o que não ocorre quando comparamos o efluente de entrada do sistema de lagoas (Lagoa 1 e 2) com o efluente final (Lagoa 4), nas análises de 2019. Conforme a Resolução Conama 430/11, o procedimento de tratamento de efluentes deve atingir uma remoção mínimo de 60% para o parâmetro de DBO, que não é atingida quando comparados os valores do efluente de entrada com o efluente final (análises do ano de 2019). Portanto, o tratamento empregado para o lixiviado não é eficiente e não satisfaz as exigências legais.

É possível perceber que a lagoa 1 (inicial) apresenta as maiores concentrações de inorgânicos, como nitrogênio e fósforo, e as lagoas 3 e 4 (finais) apresentam uma carga orgânica mais elevada (DBO, DQO). As lagoas 3 e 4 apresentam características de eutrofização, conforme ilustração da Figura 3, o que pode explicar a diminuição dos níveis de N e P e de OD, consumidos pelos microrganismos que causam a eutrofização das lagoas, e o aumento da BDO e DQO, devido a produção de biomassa.

A Tabela 3 apresenta o resultado das análises realizadas para as amostras de águas superficiais, os resultados foram comparados com a Resolução Conama 357/05. Apesar do aumento nos valores de cloretos, nitrogênio total, nitrato e sulfato, quando comparados os resultados a montante e a jusante da campanha de amostragem de 2017, nenhum valor ultrapassou os Valores Máximos Permitidos (VMP) no Art. 15 da resolução.

Figura 3. Lagoas de lixiviado: (a) lagoa 1; (b) lagoa 4 com características de eutrofização e transbordando



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na campanha de amostragem de 2019 há um aumento nos valores de sulfatos (aumento de 5,34 vezes para montante e 1,60 vezes para jusante) e cloretos (aumento de 16,32 para montante e 14,89 vezes para jusante) em relação a amostragem de 2017, porém nenhum valor ultrapassou o VMP determinado pela Resolução Conama 357/05. Esse aumento é registrado tanto a montante como a jusante do aterro, o que indica que se trata de uma condição natural do corpo hídrico, possivelmente causado pela alteração no regime de chuvas entre as duas amostragens, ou se trata de uma fonte de contaminação desconhecida existente a montante do aterro.

Tabela 3. Parâmetros analisados para as águas superficiais

Parâmetro	Unidade	LQ	2006		2017		2019	
			Mistura	Montante	Jusante	Montante	Mistura	Jusante
Chumbo	mg Pb L ⁻¹	0,004	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cloreto	mg CL L ⁻¹	0,083	n.r.	0,9	2,82	4,81	4,59	4,52
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg N L ⁻¹	0,3	n.r.	1,29	1,73	<LQ	<LQ	<LQ
Nitrogênio Amoniacal	mg NH ₃ -N L ⁻¹	0,3	n.r.	n.r.	n.r.	<LQ	<LQ	<LQ
Nitrito	mg N-NO ₂ L ⁻¹	0,05	n.r.	n.r.	n.r.	<LQ	<LQ	<LQ
Nitrato	mg N-NO ₃ L ⁻¹	0,019	0,51	0,755	1,22	0,35	0,53	0,26
Fósforo Total	mg P L ⁻¹	0,006	n.r.	n.r.	n.r.	0,03	0,039	0,035
Sulfato Total	mg SO ₄ L ⁻¹	0,101	n.r.	0,245	0,278	4	4,19	4,14
Coliformes Termotolerantes	Log (NMP)	1	n.r.	1600	860	1340	2010	2130
Coliformes Totais	Log (NMP)	1	n.r.	11690	15150	20460	20460	22470
DBO	mg DBO ₅ L ⁻¹	2	2	< 2	14	2	<LQ	<LQ
DQO	mg O ₂ L ⁻¹	6	7	< 6	48	10,9	<LQ	<LQ
Oxigênio Dissolvido	mg O ₂ L ⁻¹	0,2	8,7	9,18	9,37	9,11	7,75	7,17
pH à 25°C - Bancada	-	-	6,32	8,25	8,12	8,1	7,49	7,66

Temperatura do ar	°C	-	20	19	25,5	22	22	22
Turbidez	NTU	2	n.r.	n.r.	n.r.	41,5	45,4	41,7

LQ: Limite de Quantificação; n.r.: amostragem não realizada.

Os parâmetros das águas subterrâneas foram comparados com os valores orientadores de investigação do Anexo II da Resolução CONAMA 420/09. O único parâmetro acima do estabelecido foi o Chumbo (VMP: 0,01 mg Pb L⁻¹), no poço 2 em 2017, e nos poços 1 e 2 em 2019. A qualidade da água subterrânea é de extrema importância pois ela serve como fonte de abastecimento de água das comunidades vizinhas ao Aterro Controlado. Observa-se contaminação por coliformes totais e termotolerantes nas duas campanhas de amostragem, indicando uma possível contaminação fecal, tornando a água imprópria para consumo humano.

Has *et al.*, (2016) aponta em seu estudo que águas subterrâneas contaminadas por lixiviado de aterro apresentam concentração média de cloreto de 116 mg L⁻¹. No ano de 2017 o poço 3 apresentou uma concentração de cloreto 2,6 vezes mais alta do que o apontado no estudo, e o poço 4 uma concentração 1,8 vezes superior. Altas concentrações de cloreto também foram encontradas nas lagoas de lixiviado (Tabela 2), indicando que o lixiviado produzido no aterro pode estar extravasando as lagoas de armazenamento ou infiltrando a partir do próprio aterro e contaminando as águas subterrâneas. Conforme Long *et al.* (2018) a presença de cloretos é comum em aterros, e pode ser resultado da decomposição de resíduos alimentícios, como o cloreto não será liberado do aterro na forma de gás, inevitavelmente, migrará para lixiviado. Embora não haja critérios específicos de qualidade da água para cloretos, é importante monitorar seu comportamento pois uma alta concentração de cloretos pode causar toxicidade em plantas, microrganismos e organismos aquáticos.

Tabela 4. Parâmetros analisados para águas subterrâneas

Parâmetros	Unidade	Lq	Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4	Poço 5	Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4	Poço 5
			2017					2019				
Chumbo	mg Pb L ⁻¹	0,004	<LQ	0,022	0,004	<LQ	<LQ	0,823	0,115	<LQ	<LQ	<LQ
Cloreto	mg CL L ⁻¹	0,5	2,3	0,441	301	210	4,52	7,38	4,46	34,7	18,7	6,97
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg N L ⁻¹	0,34	0,843	3,22	0,806	1,24	0,773	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Nitrogênio Amoniacal	mg NH ₃ -N L ⁻¹	0,3	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Nitrito	mg N-NO ₂ L ⁻¹	0,05	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Nitrato	mg N-NO ₃ L ⁻¹	0,05	0,52	0,529	0,734	0,837	5,569	<LQ	<LQ	<LQ	0,76	<LQ
Fósforo Total	mg P L ⁻¹	0,006	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	10,2	4,988	0,032	0,075	2,388
Sulfato Total	mg SO ₄ L ⁻¹	0,101	12,3	0,56	0,907	0,643	11,1	4,59	4,04	4,18	5,03	4,28
Coliformes Termotolerantes	Log (NMP)	1	<LQ	<LQ	<LQ	15,8	365	310	100	866	172	102
Coliformes Totais	Log (NMP)	1	1986	<LQ	2420	2420	2420	159	241960	2420	1203	196

DBO	mg DBO ₅ L ⁻¹	2	13,5	11,8	<LQ	13,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
DQO	mg O ₂ L ⁻¹	6	43,9	39,9	<LQ	43,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
pH à 25°C - Bancada	-	-	6,81	11,1	6,77	7,02	7,58	7,92	7,4	7,1	6,9	7,1
Temperatura do ar	°C	-	21,2	19,4	22,2	24,3	29	18	18	22	22	22

LQ: Limite de Quantificação; n.r.: amostragem não realizada.

A presença de Chumbo nas amostras de água subterrânea, e de cloreto nas águas subterrâneas, superficiais e nas amostras de lixiviados são fortes indicativos da contaminação da área pela disposição incorreta de RSU que ocorreu desde a década de 90. A falta de estrutura e o incorreto gerenciamento do Aterro Controlado, que muitos anos funcionou como lixão, fazem da área um problema ambiental gravíssimo, que pode afetar diretamente a saúde humana, já que várias famílias utilizam a água subterrânea dos arredores como fonte de água para consumo. São necessárias medidas urgentes para encerramento e remediação do dano ambiental.

2. 5. CONCLUSÃO

Os resultados das análises apontaram alterações nos parâmetros avaliados para as amostras de água subterrânea e superficial, indicando uma possível contaminação da área pela disposição incorreta de resíduos domiciliares e até mesmo por resíduos perigosos. Em relação às amostras das lagoas de efluente de lixiviado, avaliou-se que as lagoas apresentam um efluente com potencial de contaminação das águas e solo, que deve ser monitorado e tratado corretamente, para evitar maiores contaminações no local. As lagoas finais, 3 e 4, tem apresentado eutrofização, o que alterou alguns parâmetros e piorou a qualidade do lixiviado. Apesar de ser considerado um efluente estável, conforme indicado pelo pH das amostras, as lagoas não cumprem a função de sistema de tratamento do efluente, sendo necessário alternativas mais eficientes de tratamento conforme as características do lixiviado do Aterro Controlado.

Desta maneira, avalia-se que é necessário monitoramento contínuo da área em torno do aterro, para acompanhar e identificar a amplitude da poluição. Além disso, é necessário também ampliar os parâmetros analisados, de forma a escolher os mais relevantes de acordo com o tipo de manancial ou efluente analisado e com os resíduos responsáveis pela contaminação.

A área deve passar por um processo de remediação de áreas degradadas, onde o projeto deve incluir o encerramento da célula do aterro (que ainda é usada como transbordo) e a contenção dos taludes, deve prever um tratamento eficiente para solucionar o lixiviado acumulado nas lagoas, e procurar alternativas para remediar o dano ambiental causado na área.

3. 6. AGRADECIMENTOS

Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Santo Ângelo.

4. 7. REFERÊNCIAS

CONAMA (Conselho Nacional do Meio ambiente). **Resolução CONAMA n° 430/2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, p. 8, 2011.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio ambiente). **Resolução CONAMA n° 357/2005**. 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.

CONSEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente). **Resolução CONSEMA N ° 355/2017**. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.

- HAN, Zhiyong; MA, Haining; SHI, Guozhong; HE, Li; WEI, Luoyu; SHI, Qingqing. A review of groundwater contamination near municipal solid waste landfill sites in China. **Science of the Total Environment**, v. 569–570 , p.1255-1264, 2016.
- HUSSEIN Munirah; YONEDA, Kenichi; ZAKI, Zuhaida Mohd; OTHMAN, dNor'Azizi; AMIR, Amnorzahira. Leachate characterizations and pollution indices of active and closed unlined landfills in Malaysia. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management** v.12, p. 100232, 2019.
- LONG, Yuyang; LIU, Dongyun; XU, Jing; FANG, Yuan; DU, Yao; SHEN, Dongsheng. Release behavior of chloride from MSW landfill simulation reactors with different operation modes. **Waste Management**, v. 77, p. 350-355, 2018.
- MISHRA, Sachin Dhanesh.; ANURAG, Tiwarya Ohrib.; KUMAR, Ashwani Agnihotri. Impact of Municipal Solid Waste Landfill leachate on groundwater quality in Varanasi, India. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 9, p. 100230, 2019.
- MARIN, Lia Márcia Kugeratski de Souza.; FILHO, Luiz Antonio Berussi Filho.; ROCHA, Winnicios Ten Caten.; COSTA, Evelyn Dalla. **Avaliação da qualidade das águas subterrâneas do aterro sanitário da Iapa-PR**. XIV Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária, Foz do Iguaçu, PR, 2018.
- ROSA, Beatriz Paulino.; DE LIMA, Bruno Cesar.; COLEONE, Paula Estefanie Soares do Amaral.; CAMPOS, Fábio. Impactos causados em cursos d'água por aterros controlados desativados no Município de São Paulo, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, p. 63-76, 2017.
- STEFANIA, Gennaro A.; ZANOTTI, Chiara.; BONOMI, Tullia.; FUMAGALLI, Letizia.; ROTIROTI, Marco. Determination of trigger levels for groundwater quality in landfills located in historically human-impacted areas. **Waste Management**, v. 75, p. 400-406, 2018.
- TENODI, Slaven.; KRČMAR, Dejan.; AGBABA, Jasmina.; ZRNIĆ, Kristiana.; RADENOVIĆ, Mira.; UBAVIN, Dejan.; DALMACIJA, Božo.; Assessment of the environmental impact of sanitary and unsanitary parts of a municipal solid waste landfill. **Journal of Environmental Management**, v. 258, p. 110019, 2020.
- VENKATESAN, G.; MITHUNA, R.; GANDHIMATHI, S. IOT-based monitoring of lab scale constitutive landfill model of food waste. **Materials Today: Proceedings**, p. 1-6, 2020.