

ANÁLISE AMBIENTAL DO ANTIGO LIXÃO NO POVOADO ALGODÃOZINHO EM PALMEIRA DOS ÍNDIOS, ALAGOAS, BRASIL

Elice Lira **Silva**¹, Sheyla Karolina Justino **Marques**², Ronny Francisco Marques **de Souza**³

(1 - Instituto Federal de Alagoas, els43@aluno.ifal.edu.br, <https://orcid.org/0009-0004-5193-5014>; 2 - Instituto Federal de Alagoas, sheyla.marques@ifal.edu.br, <https://orcid.org/0000-0001-7554-2275>; 3 - Instituto Federal de Alagoas, ronny.souza@ifal.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-8943-0247>)

Resumo: A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, através da lei 12.305/2010, estabeleceu o encerramento dos lixões do território brasileiro, prevendo o processo de desativação associado à obediência de controle e monitoramento da área degradada. Nesta perspectiva, este trabalho, realizou uma análise ambiental do antigo Lixão do povoado Algodãozinho, encerrado há aproximadamente seis anos no município Alagoano de Palmeira dos Índios, por meio da análise de dados históricos, cenário atual, medidas de monitoramento e parâmetros físico-químicos do solo e de águas superficiais. O estudo mostrou que a disposição de resíduos sólidos, de forma não expressiva, permanece, juntamente com a atividade de apicultura, ambos irregulares. Crescimento de vegetação, isolamento inapropriado, falta de monitoramento e invasão do local pela população foi observado. Os parâmetros físico-químicos analisados não indicaram contaminação química em níveis preocupantes para solo e águas superficiais, mas risco de contaminação biológica.

Palavras-chave: Palmeiras dos Índios. Povoado do Algodãozinho. Encerramento de lixão.

ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE OLD ALGODÃOZINHO DUMP GROUND IN PALMEIRA DOS ÍNDIOS, ALAGOAS, BRAZIL

Abstract: The National Solid Waste Policy, through Law 12.305/2010, established the closure of landfills in the Brazilian territory, providing for a deactivation process associated with obedience to the control and monitoring of the degraded area. In this perspective, this work carried out an environmental analysis of the old Dump of Algodãozinho, closed approximately six years ago in the Alagoas municipality of Palmeira dos Índios, through the analysis of

historical data, current scenario, monitoring measures and physical-chemical parameters of the soil and surface waters. The study showed that the disposal of solid waste, in a non-expressive way, remains, together with the beekeeping activity, both irregular. Vegetation growth, inappropriate isolation, lack of monitoring and invasion of the by the population was observed. The physical-chemical parameters analyzed did not indicate contamination at worrying levels. There is a risk of biological contamination.

Keywords: Palmeiras dos Índios. Povoado Algodãozinho site. Landfill closure

ANÁLISIS AMBIENTAL DEL ANTIGUO BODEGA DE ALGODÓN EN PALMEIRA DOS ÍNDIOS, ALAGOAS, BRASIL

Resumen: La Política Nacional de Residuos Sólidos, a través de la Ley 12.305/2010, estableció el cierre de vertederos en el territorio brasileño, previendo un proceso de desactivación asociado a la obediencia al control y seguimiento del área degradada. En esa perspectiva, este trabajo realizó un análisis ambiental del antiguo Vertedero de Algodãozinho, clausurado hace aproximadamente seis años en el municipio alagoano de Palmeira dos Índios, a través del análisis de datos históricos, escenario actual, medidas de monitoreo y parámetros físico-químicos del suelo y las aguas superficiales. El estudio mostró que la disposición de residuos sólidos, de forma no expresiva, permanece, junto con la actividad apícola, ambas irregulares. Se ha observado crecimiento de vegetación, aislamiento inapropiado, falta de monitoreo e invasión del sitio por parte de la población. Los parámetros físico-químicos analizados no indicaron contaminación en niveles preocupantes. Existe riesgo de contaminación biológica.

Palabras clave: Palmeiras dos Índios. Sitio de Algodãozinho. Cierre de vertedero

Introdução

O gerenciamento de resíduos é considerado uma questão global, pois a sua ausência, representa ameaça à saúde pública e ao meio ambiente, estando relacionado diretamente ao crescimento, produção e consumo (ABRELPE,2020). Drangert e Kjerstadius (2023), elucidam que a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) está diretamente relacionada a aspectos como: desenvolvimento de sua população, a condição de urbanização, aos padrões culturais, renda e poder de dispêndio. O aumento exponencial da população, aliado a este processo de urbanização, trouxe consigo o aumento disruptivo na produção de RSU. De forma que, o

gerenciamento dessa massa de materiais de natureza química diversa, tornou-se um desafio frente ao desenvolvimento sustentável por representar sérios riscos a manutenção do equilíbrio de sistemas naturais (BELLO, AL-GOUITI, ABU-DIEYEH, 2022). Apesar do entrave, grande parte dos componentes, entre os descartados, podem ter soluções financeira, social e ecológicas atraentes por meio do uso de tecnologias e valorização adequadas (HUSSEIN, MONA, 2018).

A instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010), exposta pela lei 12.305/2010 estabeleceu a proibição de lançamentos de resíduos a céu aberto, a redução de impactos ambientais e sociais, determinando aos municípios brasileiros o encerramento de seus lixões até o ano de 2014; entretanto, o prazo não foi atendido em detrimento da inviabilidade técnica e financeira dos municípios, sendo prorrogado em 2015, e novamente em 2020 através da lei nº 14.026/2020. Entre os exemplos mais expressivos, destacam-se o lixão da Estrutural que operou até 2018 por um período de seis décadas, recebendo quantidade vultosas de materiais que o colocou na posição de segundo maior lixão do mundo (CAMPOS, 2018).

O United Nations Environment Programme – UNEP (2021) alerta que a gestão e recuperação da área de lixões, não deve estar limitada a cobertura dos resíduos, cercas e abandono do local para o crescimento natural da vegetação, é fundamental realizar o diagnóstico ambiental e delinear ações de gerenciamento. De acordo com Morita *et al.* (2021), a lei nº 14.026/2020, que atualizou o marco regulatório do saneamento prevê que o fechamento dos lixões nos próximos anos, impedirá maiores contaminações do ar, solo e água. Porém, ocorre probabilidade de que os impactos de longo prazo prossigam, tendo em vista ausência de ação de mitigação e monitoramento. Neste prisma, é importante ressaltar a resolução do CONAMA Nº 420/2009, que dispõe sobre critérios de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas, estabelecendo as diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas em detrimento de ações antrópicas. Além disso, tem-se também a disposição da resolução do CONAMA Nº 357/2005, que define os critérios de classificação dos corpos d'água e recomendações ambientais para o seu enquadramento, dispondo sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, e outras providências (BRASIL, 2009, 2005).

A disposição de RSU em lixões e aterros sanitários criou um passivo ambiental devido à potencialidade de contaminação do ar, solo e águas superficiais do entorno por lixiviados que carregam constituintes perigosos como a matéria orgânica solúvel, compostos inorgânicos, metais pesados e compostos orgânicos xenobióticos (HUSSEIN *et al.*, 2023). O gerenciamento

dos lixiviados e gases, como metano (CH_4) e sulfeto de hidrogênio (H_2S), deve ser acompanhado por remediação via métodos físicos, químicos e biológicos (EL-SAADONY *et al.*, 2023). A preocupação com a presença de elementos radioativos (BECEGATO *et al.*, 2004) e a resistividade (BECEGATO *et al.*, 2010) do solo em áreas ocupadas por lixões tem sido reportada. Esses estudos visam minimizar problemas ecológicos e de saúde pública.

O lixão situado no povoado do sítio Algodãozinho, no município de Palmeira dos Índios (AL), foi encerrado em 2018, após 20 anos de funcionamento, em comprimento às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Este estudo teve como objetivo avaliar os principais impactos ambientais decorrentes do fechamento do lixão, buscando verificar se os padrões recomendados foram obedecidos. Para isso, foram analisados parâmetros que indicam a possibilidade de contaminação dos solos e das águas superficiais na região circundante, bem como o levantamento de dados históricos e aplicação do método de Checklist, visando compreender a dimensão dos impactos na paisagem e os níveis de contaminação nos recursos naturais analisados.

Metodologia

O diagnóstico da área foi realizado através da comparação de dados históricos e visitas de campo para reconhecimento da área degradada, no período compreendido entre 2017 a 2023. Na caracterização dos impactos ambientais no meio físico foi aplicado o método de avaliação ambiental: Checklist. Nesse sentido, levou em consideração, os seguintes aspectos: solo, ar, água, paisagem e outros.

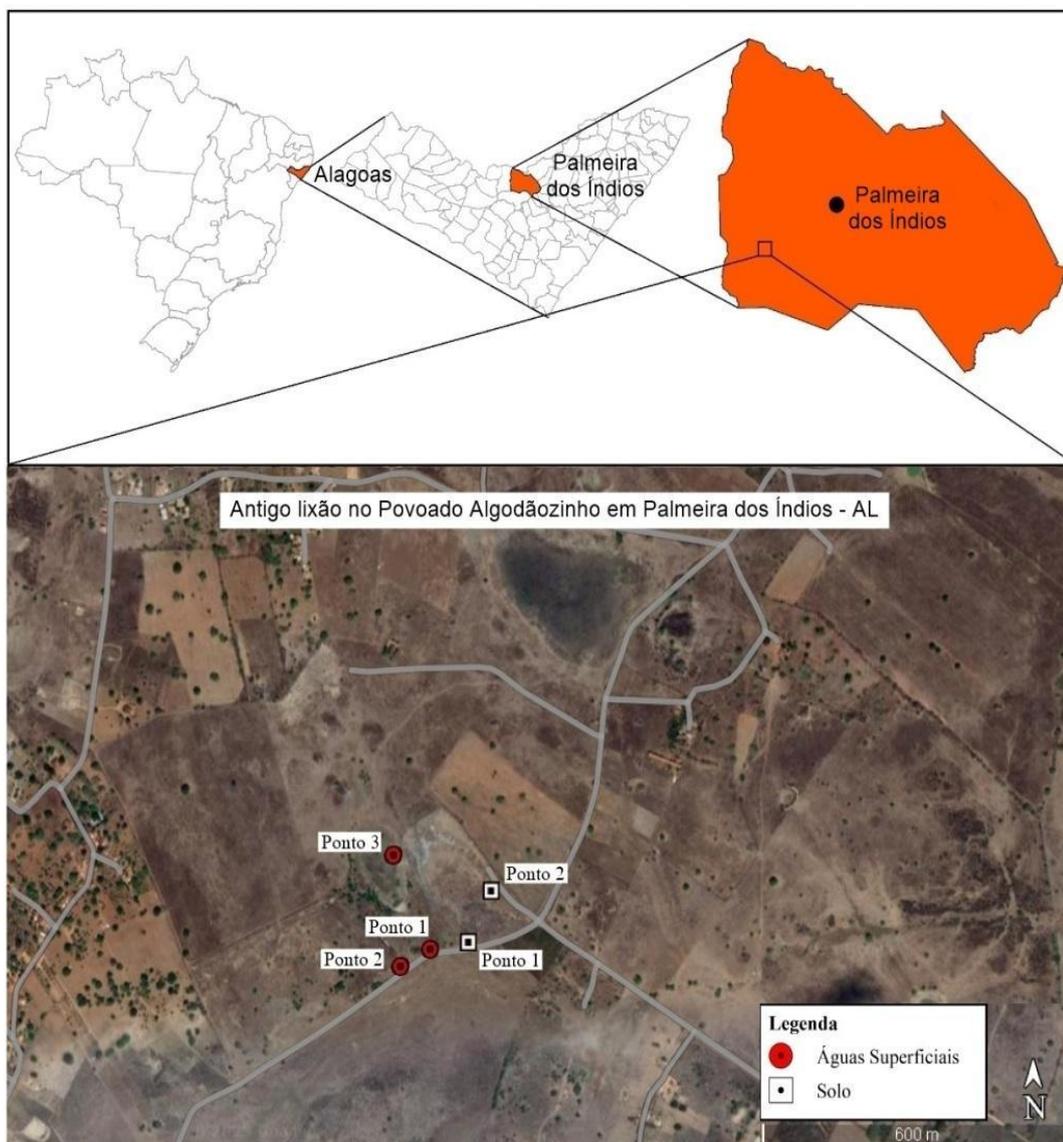
A análise do solo buscou mensurar os valores de pH, teor de matéria orgânica (via úmida) e quantificar os metais zinco, ferro e manganês através da técnica analítica de Espectrofotometria de Absorção Atômica. As concentrações de chumbo, cádmio e cobre foram determinadas pela técnica de espectrometria de absorção atômica em forno de Grafite (EPA, 2017). A identificação e quantificação dos hidrocarbonetos aromáticos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno (BTEX) foi realizada por Headspace, utilizando o sistema de Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG/MS).

A qualidade da água foi avaliada pelos parâmetros: pH, turbidez, condutividade, Oxigênio Dissolvido (OD), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). A presença de Coliformes Fecais foi investigada pelo procedimento N° 9221 B.C.E - (APHA, 2012). A presença do nitrogênio (NH_4^+ e NO_3^-) e fosforo total foram obtidas

por espectrofotometria. Os metais chumbo e Cromo foram examinados através da técnica analítica de Espectrometria de Absorção Atômica de forno de Grafite (EPA, 2017).

Os pontos de amostragem de solo e águas superficiais, foram determinados com base no perímetro do antigo lixão, priorizando a acessibilidade. Foram escolhidos dois pontos para análise de solo, Ponto 1 e Ponto 2, com as coordenadas (9°26'04.6"S 36°41'17.2"W e 9°26'01.8"S 36°41'14.3"W), respectivamente. Para análise das água superficiais foram adotados três pontos, Ponto 1, Ponto 2 e Ponto 3, com as seguintes coordenadas (9°26'04.8"S 36°41'19.3"W, 9°26'05.8"S 36°41'21.5"W e 9°25'59.3"S 36°41'21.7"W), respectivamente. As amostras de solo foram obtidas com auxílio de trado manual, a uma profundidade que variou de 30 a 40 cm abaixo da superfície. Os pontos escolhidos na região afetada estão sumarizados na figura 1.

Figura 1. Visão geral dos pontos de coleta das amostras de solo e água superficial na área do antigo lixão do Algodãozinho.



Fonte: Elaborado pelos autores

Resultados e discussão

Conforme informações históricas acerca do antigo lixão do município de Palmeira dos Índios – Alagoas, a área em questão está localizada na zona rural, no Povoado Algodãozinho, com coordenadas de $9^{\circ}25'35.78''$ de latitude Sul e $36^{\circ}40'14.53''$ de longitude Oeste, aproximadamente a 10 km do núcleo urbano, no agreste alagoano, com população municipal acima dos 70 mil habitantes. O local possui área de 8.45 hectares, sendo propriedade particular, arrendada pela Prefeitura e funcionou por mais de 20 anos, sendo fechado em abril de 2018. A

comparação da área do lixão do Algodãozinho antes e após o encerramento pode ser vista na figura 2.

Figura 2. Registro fotográfico da área do lixão do Algodãozinho antes e após o encerramento



Na figura 2(a), observa-se a área do lixão com disposição de significativa quantidade de RSU amontoados, de forma randômica, sem classificação ou tratamento, no ano de 2017. Verifica-se que após o encerramento das atividades, figura 2(b), houve crescimento de vegetação no local, em recomposição da flora nativa. Em visitas recentes, nos anos de 2022 e 2023, foi possível observar a presença de materiais descartados no terreno, bem como a atividade de apicultura, conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3. Registro de atividade irregulares de descarte de RSU e apicultura na área do antigo lixão do Algodãozinho



Na figura 3(a,b), observa-se a ocorrência de atividades irregulares na área do antigo lixão do Algodãozinho. Em 3(a) observa-se o descarte de RSU no local com a presença de materiais plásticos, metálicos e cerâmicos. A criação de abelhas no interior do perímetro do antigo lixão expõe a ausência, no período registrado, de isolamento e monitoramento do local e representa risco de acidentes e contaminação, figura 3(b).

De forma geral foram identificados impactos ambientais no solo, ar, água, paisagem e outros. Abaixo segue o Checklist (Quadro1):

Quadro 1- Checklist para caracterização do antigo lixão de Palmeiras dos Índios

ASPECTOS	PARÂMETROS DE AGRAVO	Local
SOLO	Apresenta sinais de erosão	Sim
	Dano ao relevo	Sim
AR	Emissões de odores	Não
	Presença de dutos de gases	Não
	Proximidade de núcleo habitacional	Sim > 300 metros
	Queima do resíduo	Não
ÁGUAS SUPERFICIAIS	Comprometido	Sim
	Presença de chorume a céu aberto	Sim
	Distância	< 300 metros
	Utilidades	Consumo animal
PAISAGEM	Alteração na paisagem (impacto visual)	Sim
	Alteração na paisagem original	Sim
	Existe projeto de readequação	Sim
OUTROS	Presença de animais	Sim
	Desvalorização de terrenos vizinhos	Sim
	Presença de vetores de doenças	Sim
	Presença de catadores	Não
	Danos à saúde de quem transitam no local	Talvez

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Campos (2008).

Através da visita in loco e captação das imagens aéreas, foram constatados sinais de erosão, alteração na capacidade de uso do solo, dano ao relevo e permeabilidade. As camadas

de resíduos sólidos expostas são carregadas pela ação do vento e por ações das precipitações, permitindo-se observar o afloramento de lixiviado na base do maciço de resíduos.

No que diz respeito ao aspecto do ar, não foram observados indícios de queima resultante da emissão de gases. Além disso, não foram identificados dutos de liberação de gases, e não foram registradas queimas de resíduos após o fechamento do lixão.

É perceptível a concentração de chorume a céu aberto no entorno do antigo lixão que, devido a topografia da região, direciona-se para a lagoa identificada no local, comprometendo qualidade de suas águas superficiais. Diante das informações coletadas e registro fotográfico, é considerado que houve alteração também na paisagem, causando impacto visual, e conseqüentemente modificando a paisagem natural, tendo em vista que o tempo de uso do terreno para disposição de resíduos sólidos foi extenso. É válido mencionar que nesta área, gera-se a desvalorização dos terrenos próximos, promovendo também presença de vetores de doenças.

Buscando entender o nível de contaminação química e biológica, realizaram-se análises de solo e das águas superficiais da área do antigo lixão.

Os pontos de amostragem de solo foram escolhidos em função da proximidade das massas de resíduos de acordo com o registro histórico e acessibilidade. As amostras de água coletadas têm relação com uma pequena lagoa (ponto 3) adjacente ao antigo lixão que escoa pelo entorno da área (pontos 1 e 2). Os valores dos parâmetros pH, matéria orgânica, metais e hidrocarbonetos encontrados para os dois pontos de coleta de solo, encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros avaliados na análise de solo do antigo lixão do Algodãozinho

Parâmetro	Ponto 01	Ponto 02
pH	8,65	7,60
Matéria Orgânica	1,44	3,81
Pb	33,61	23,85
Cu	28,79	36,02
Fe	20.596,59	14.236,07
Mn	78,92	<70,06
Zn	50,98	<70,06
Cd	<0,49	<0,70
Benzeno	<0,00111400	NR
Etilbenzeno	0,00443900	NR
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo	<9,748	NR
Tolueno	<0,00111400	NR
Xilenos	0,02297300	NR

NR= não realizado.

Na tabela 1 observa-se que os valores dos parâmetros apresentam pequenas flutuações. Em relação ao pH, temos um valor mais básico para o ponto 1, diferença em torno de 12,14% em relação ao ponto 2. O aumento de matéria orgânica é observado para o ponto 2, em relação ao ponto 1. Para os metais observou-se maiores concentrações de chumbo, ferro e manganês para o ponto 1, enquanto, cobre, zinco e cádmio apresentam-se em maiores concentrações para o ponto 2. A Resolução CONAMA nº 420/2009 estabelece limites de concentração para os metais e os compostos orgânicos analisados. A legislação ressalta que os limites recomendados servem para auxiliar no gerenciamento de contaminação, levando em conta a finalidade do solo e as características locais. De forma geral, os valores encontrados não indicam níveis de contaminação preocupantes, estando abaixo dos indicados pelo normativo, mesmo quando se comparado aos valores para uso residencial.

Comparando-se os resultados obtidos com a literatura, observou-se que os valores de cádmio encontrados por Cavallet, Carvalho e Neto (2013) apresentaram concentrações menores que 0,1 mg/kg, no lixão de Embocuí em Paranaguá (PR). Resultado distinto foi encontrado no trabalho de Milhome *et al.* (2018), no lixão do Iguatu (CE), onde o metal não foi detectado. Para o chumbo, Cavallet, Carvalho e Neto (2013) encontraram concentração de chumbo numa faixa que variou de 6 a 52 mg/kg. No entanto, no trabalho de Gomes *et al.* (2021), no lixão da Imperatriz (MA), a concentração de metal foi de 138,9 mg/kg, aproximadamente, apresentando-se acima do limite de prevenção indicado. Para o cobre Oliveira *et al.* (2019) descreveram valores abaixo do limite de prevenção para todos os pontos analisados no lixão de Januária (MG), sendo a concentração máxima de 39,28 mg/kg. Por outro lado, Pinheiro e Mochel (2018), no lixão do Paço do Lumiar, detectaram a concentração de 113,90 mg/kg, acima do limite de prevenção. Concentrações mais elevadas para o ferro são comuns, visto sua maior disponibilidade, e não há indicação sobre os limites máximos permitidos na legislação brasileira. Moreira *et al.* (2010) detectaram, em RSU antigo e maduro no município de Visconde do Rio Branco, concentrações de ferro entre 28.891,05 e 34.821,43 mg/kg, respectivamente. Em relação ao manganês, Milethome *et al.* (2018) encontraram concentrações máximas de 132,2 mg/kg. Ressalta-se que o manganês também não possui limites estabelecidos pela legislação do CONAMA nº 420/2009. Porém, os valores encontrados neste estudo estão abaixo do padrão estabelecido para elementos potencialmente tóxicos em solos da Flórida-EUA, cujo valor máximo para Mn é de 330,00 mg/kg (CHEN, BLACK, 1991). Concentrações

de zinco no solo, com concentrações no valor mínimo de 4,6 mg/kg e máxima de 402,2 mg/kg foram reportados por Milhome *et al.* (2018).

Os valores de matéria orgânica, 1,44 e 3,81 e pH de 8,65 e 7,60, nos pontos 1 e 2, respectivamente podem estar relacionados. Silva *et al.* (2020) descrevem que os valores de matéria orgânica tendem a ser elevados em função da grande disposição de resíduos orgânicos ao longo do tempo, favorecendo a atividade microbiológica, no processo de maturação. Ao longo da compostagem, uma significativa parcela de ácidos orgânicos é degradada, levando a valores de pH alcalinos. Costa *et al.* (2017) expuseram que houve tendência de valores mais elevados de pH em locais de disposição de resíduos sólidos, justificando-se pela função do maciço de RSU possuir compostos húmicos alcalinos.

A quantidade significativa de materiais derivados de petróleo descartados pode levar, através de processos de degradação química, a ocorrência de hidrocarbonetos potencialmente tóxicos. Aqui os valores para BTEX e hidrocarbonetos totais encontrados foram inexpressíveis, a níveis de traços. Lima (2018), em seu trabalho, também não detectou presença de hidrocarbonetos aromáticos nos pontos de coleta de solo de aterro sanitário localizado em Rubiácea, situado na região noroeste do estado de São Paulo. No entanto, a presença desses contaminantes tem sido reportada e seus efeitos em humanos estudados (LIU *et al.*, 2022).

Águas superficiais são recursos essenciais para os ecossistemas e o abastecimento humano. A investigação das características físico-químicas e biológicas, ajudam na compreensão de sua qualidade, fornecendo subsídios para adotar medidas adequadas de prevenção e remediação. Na tabela 2, encontram-se os parâmetros avaliados para as águas superficiais do entorno da área do antigo lixão do Algodãozinho.

Analisando a tabela 2 observa-se divergência significativa em alguns parâmetros, como condutividade, STD, amônio, nitrato e coliformes fecais, que podem estar associados ao local de amostragem. Para melhor compreensão da área, vale destacar, que os pontos 1 e 2, recebem o escoamento das águas superficiais do ponto 3, onde se encontra uma pequena lagoa. Vários fatores podem contribuir para as divergências encontradas, visto que áreas submetidas ao acondicionamento inadequado de resíduos não são homogêneas. Observa-se que existe uma relação entre os valores de condutividade com as concentrações de sólidos totais dissolvidos.

Tabela 2. Parâmetros avaliados na análise de água do antigo lixão do Algodãozinho

Descrição	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH	7,46	8,10	7,55
Condutividade	10.350,00	3.320,00	5.650,00
Turbidez	3,2	3,4	21,5
OD	5,20	5,30	5,90
DBO	4,68	4,54	3,70
STD	8.143,3	2.116,7	4.330,0
Amônio	5,40	<1,29	5,76
Nitrato	119,20	54,60	43,40
Fósforo	0,569	0,969	0,207
Chumbo	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo	0,037	0,008	0,019
Coliformes	5.400,0	9.200,0	16.000,0

Os valores para turbidez e coliformes são maiores no ponto 3, isso pode refletir a capacidade do local em reservar maiores volumes de água, em relação aos pontos 1 e 2, que possivelmente recebem carga oriunda de processo de filtragem natural. A Resolução CONAMA nº 396/2008 estabelece limites e critérios para a qualidade de água potável que, aplicados como referência para análise da tabela 3, apontam que contaminação biológica, visto a presença em altos valores para coliformes. Os demais parâmetros analisados encontram-se dentro dos limites ou não se aplicam na resolução em questão.

Para a condutividade elétrica, resultado similar foi encontrado por Moraes *et al.* (2017) nas amostras de água coletadas, sendo que apenas uma amostra teve valor inferior a 100 µs/cm. E para DBO, Santos *et al.* (2021) obteve também resultados inferiores ao preconizado na resolução, para águas superficiais nas proximidades do antigo lixão de Tangará (MT).

Quanto ao OD, no trabalho de Silva (2019) foram encontradas nas amostras de águas superficiais concentrações fora dos padrões indicados pelo CONAMA 357/2005. Os pH das amostras de água foram superiores a 6, com tendência a alcalino, cujos resultados foram similares ao encontrado por Pessoa *et al.* (2019). É válido mencionar que os valores aceitáveis de pH da água na agricultura dependem da cultura e pode ser ajustado, mas a faixa utilizada em irrigação geralmente varia entre 6,5 a 8,4, estando a média do pH mensurado viável para essa finalidade (WHITE; MENCHYK; PARK, 2014; GUIMARÃES *et al.*, 2021).

Para os valores de STD, no trabalho de Maiti *et al.* (2016) o valor encontrado para um aterro encerrado em Calcutá na Índia, variou de 0,15 mg/l a 0,18 mg/l, excedendo os limites recomendados pelo Bureau de padrões indianos- BIS. Quanto a turbidez, Silva (2019) obteve

valor semelhante em seu estudo, cuja concentração estava em conformidade com a legislação. Ressalta-se que apesar de os parâmetros turbidez e sólidos totais estarem associados, eles não são diretamente equivalentes.

Comparando-se os resultados com a literatura, na pesquisa de Santos *et al.* (2021) não foram determinadas concentrações de nitrato superiores ao estabelecido pelas normativas. Yang *et al.*, (2023) explica que a forma encontrada de nitrogênio, permite averiguar o estágio de poluição, cuja presença do nitrato indica uma contaminação mais antiga quando comparado ao nitrito no tratamento de aterros maduros. Motta *et al.* (2022) identificou também em seu estudo que os teores de chumbo nas águas superficiais próximos aos lixões encerrados de Paracambi (RJ), Cachoeira de Macacu (RJ) e Santa Cruz (RJ), apresentaram concentrações inferiores aos valores de referência.

No caso do fósforo, os pontos analisados apresentaram concentrações acima dos valores máximos. Elevadas concentrações de fósforo são preocupantes devido ao processo de eutrofização, que tem relação com o crescimento desordenado e explosivo de algas e macrófitas, que pode comprometer o desenvolvimento dos peixes (OSTI *et al.*, 2020). Silva (2019) relatou para o antigo lixão de Maceió, concentrações de coliformes termotolerantes acima do que é preconizado pela referida lei em vigência. Altos níveis de coliformes termotolerantes podem estar relacionados com alta concentração de matéria orgânica e a lixiviação dos efluentes líquidos.

Conforme Costa e Jucá (2022), a complexidade para alcançar a sustentabilidade desse sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, relaciona-se às considerações econômicas, sociais e ambientais envolvidas nos processos. Os dados e informações obtidas são importantes para planejar políticas locais, alocação do orçamento, analisar quais tecnologias são apropriadas e consequentemente selecionar parcerias estratégicas para a gestão (BELLO, AL-GOUITI, ABU-DIEYEH, 2022).

Os resultados mostram que o encerramento das atividades no antigo lixão de Palmeira dos Índios (AL), interrompeu a geração de fumaça e da fuligem decorrente da queima irregular, bem como descontinuou a presença de catadores de materiais recicláveis, entretanto, inconformidades ainda são encontradas no local. O processo de degradação ambiental continua e consequentemente trazem riscos à saúde pública, visto a presença de resíduos superficialmente expostos, a erosão no talude com afloramentos de resíduos e o risco de contaminação por escoamento superficial.

Os resultados da análise físico-química dos pontos 1 e 2 de solo, determinou-se os valores de metais pesados: cádmio, cobre, chumbo, zinco, manganês e ferro, além de pH e Matéria orgânica. As concentrações de ferro e manganês não são especificadas na resolução. Mas em consonância com a resolução do CONAMA n°420/2009, os demais metais pesados estão abaixo dos valores orientados pela legislação nacional. As concentrações encontradas de ferro, são indicativas de RSU maduro. E os elevados valores de pH são condizentes às áreas que possuíam maior contato com o percolado. A investigação por hidrocarbonetos aromáticos (BTEX) no ponto 1, revelou concentrações a níveis de traço, abaixo da orientação do normativo. As análises realizadas nas águas superficiais revelaram valores elevados de condutividade elétrica, fósforo total, Sólidos Totais Dissolvidos e coliformes termotolerantes, que podem ocasionar impactos adversos na região, associados a elevadas concentrações iônicas, eutrofização e contaminação biológica, o que denota impactos negativos a área.

Conclusão

- Compreende-se que o processo de desativação do lixão resultou na formação de uma área degradada que exige a implementação de projetos adequados visando sua recuperação. Em tais áreas, há uma considerável probabilidade de infiltração do lixiviado no solo, o qual pode atingir as águas subterrâneas, representando riscos de contaminação para a comunidade local. Nesse sentido, a realização de estudos complementares sobre a emissão de gases, estabilidade do maciço e níveis de contaminação dos recursos naturais no entorno, são ações necessárias para uma compreensão mais abrangente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas.

Referências

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE. (2020). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, Brasil.

American Public Health Association - APHA. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 23RD ed. Washington, EUA.

Becegato, V. R., Cordova, J. J., Ferreira, A. S., Barrionuevo, M. (2014). Gamaespectrometria de um lixão desativado. *Geoambiente On-line*, n. 23, p. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i23.33877>

Becegato, V. A., Stefanato, R., Ferreira, F. J. F., Cabral, J. B. P., Becegato, V. R. (2010). *Geoambiente On-line*, n. 15, p. 128-144. DOI: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i15.26013>

Bello, A. S., Al-Gouiti, M. A., Abu-Dieyeh, M. H. (2022). Sustainable and long-term management of municipal solid waste: A review. *Bioresource Technology Reports*, v. 18, p. 101067. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101067>

Campos, H. K. T. (2018). Como fechamos o segundo maior lixão do mundo. *Revista Brasileira de Planejamento e Orçamento*, v. 8, p. 204-253.

Cavallet, L. E., Carvalho, S. G., Neto, P. F. (2013). Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos. *Revista Ambiente & Água*, v. 8, n. 3, p. 229-338. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1155>

Costa, B. M. B., Oliveira, J. C. D., Sousa, T. P., Linhares, P. C. A., Silva, J. N. (2017). Análise e caracterização química do solo em locais de acomodação de resíduos hospitalares no município de Cuité-PB. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 6, n. 1, p. 83-100. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e1201783-100>

Costa, A. R. S., Jucá, J. F. T. (2022). Impactos ambientais do ciclo de vida do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do município de Paulista/PE - Brasil. *Revista AIDIS de Ingeniería Y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo Y práctica*, v. 15, n. 2, p. 966-980. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.80138>

Chen, J. M., Black, T. A. (1991). Measuring leaf area index of plant canopies with branch architecture. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 57, n. 1, p. 1-12. DOI: [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(91\)90074-Z](https://doi.org/10.1016/0168-1923(91)90074-Z)

Drangert, J. O., Kjerstadius, H. (2023). Recycling - The future urban sink for wastewater and organic waste. *City and Environment Interactions*, v. 19, 100104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2023.100104>

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (2007). *SW-846 Test Method 7010: Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry*.

- El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Salem, H. M., Soliman, S. M., El-Mageed, T. A. A., Elrys, A. S., Selim, S., El-Hack, M. E. A., Kappachery, S., El-Tarabily, K. A., Abuqamar, S. F. (2023). Hazardous wastes and management strategies of landfill leachates: A comprehensive review. *Environmental Technology & Innovation*, v. 31, 103150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103150>
- Gomes, D. L., As, W. S., Cruz, N. D., Araújo, R. O., Otaviano, J. J. S., Oliveira, J. D. (2021). Influência dos resíduos sólidos urbanos na distribuição, mobilidade e biodisponibilidade de metais potencialmente tóxicos no solo do lixão de Imperatriz - MA. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 48065-48088. DOI: 10.34117/bjdv7n5-282
- Guimarães J. J., Sousa, F. G. G., Román, R. M. S., Pai, A. D., Rodrigues, S. A., Sarnighausen, V. C. R. (2021). *Agricultural Water Management*, v. 253, p. 106924. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106924>
- Hussein, I. A. S., Mona, S. M. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, v. 27, p. 1275-1290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
- Hussein, I. A. S., Ibrahim, A. M., Al-Sulaiman, A. M., Okasha, R. A. (2024). Landfill leachate: Sources, nature, organic composition, and treatment: An environmental overview. *Ain Shams Engineering Journal*, v. 15, p. 102293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102293>
- Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.* (2010). Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos Urbanos. Recuperado de <https://www.planalto.gov.br/legislação>.
- Lima, P. G. (2018). *Um estudo sobre os resíduos sólidos urbanos depositados em um aterro sanitário de uma cidade do noroeste paulista.* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil.
- Liu, Y., Liu, Y., Yang, H., Wang, Q., Cheng, F., Lu, W., Wang, J. (2022). Occupational health risk assessment of BTEX in municipal solid waste landfill based on external and internal exposure. *Journal of Environmental Management*, v. 305, p. 114348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114348>
- Maiti, S.K., De, S., Hazra, T., Debsarkar, A., Dutta, A. (2016). Characterization of leachate and its impact on surface and groundwater quality of a closed dumpsite – A case study at Dhapa, Kolkata, India. *Procedia Environmental Sciences*, v. 35, p. 391-399. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.019>

Milhorne, M. A. L., Holanda, J. W. B., Neto, A. J. R., Nascimento, R. F. (2018). Diagnostico da contaminação do solo por metais tóxicos provenientes de resíduos sólidos urbanos e a influência da matéria orgânica. *Revista Virtual de Química*, v. 10, n. 1, p. 59-72. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20180007>

Moraes, C.L., Lavnitcki, L., Becegado, V. R., Baum, C. A., Becegado, V. A., Paulino, A. T., Henkes, J. A. (2017). Avaliação dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água e do chorume na área de influência do lixão desativado do município de Lages-SC. *Revista gestão e sustentabilidade ambiental*, v. 6, p. 149-164. DOI: 10.19177/rgsa.v6e32017149-164.

Moreira, D. A., Martinez, M. A., Souza, J. A. R., Matos, A. T., Reis, C., Reis, E. L. (2010). Determinação das características de resíduo sólido urbano aterrado. *Engenharia Ambiental*, v.7, p. 99-108.

Morita, A.K.M., Bianco, C. I., Anache, J. A.A, Coutinho, J. V., Penilson, N. S. S., Nobrega, J., Rosalem, L. M. P., Leite, C. M.C., Niviandonski, L.M., Manastella, C., Wendland, E. (2021). Pollution threat to water and soil quality by dumpsites and non-sanitary landfills in Brazil: A review. *Waste Management*, v. 131, p. 163–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.06.004>

Motta, E. F. B., Carvalho, A. S., Bersan, J. L. M., Coutinho, M. L. (2022, setembro). Almeida, J. R. Análise do Monitoramento e Cuidados no Período Pós-Fechamento de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado do Rio de Janeiro. *In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, Campinas, SP.

Oliveira, J. A. M., Medeiros, P. C., Oliveira, C. M. M., Santos, A. F. S., Ribeiro, D. P. (2019). Níveis de contaminação por metais pesados na área de disposição de resíduos sólidos no município de Januária-MG. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 8, n. 1, p. 629-640. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019629-640>

Osti, J. A. S., Carmo, C. F., Cerqueira, M. A. S., Giamas, M. T. D., Peixoto, A. C., Santos, A. M. V., Mercante, C. T. J. (2020). Nitrogen and phosphorous removal from fish farming effluents using artificial floating islands colonized by *Eicchornia crassipes*. *Aquaculture Reports*, n. 17, p. 100324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100324>

Pessoa, D. S., Silva, V. F., Cosme, A. M. F., Lima, V. L. A., Farias, M. S. S. (2019). Avaliação de impactos ambientais em área de disposição final de resíduos sólidos no semiárido. *Geographos*, v. 10, p. 269-294. DOI: <https://doi.org/10.14198/GEOGRA2019.10.121>

Pinheiro, N. C. A., Mochel, F. R. (2018). Diagnóstico de áreas contaminadas pela disposição final de resíduos sólidos no município de Paço do Lumiar (MA). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, p. 1173-1184. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018173619>

Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. (2005). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU, de 18 de março de 2005, páginas 58-63.

Resolução CONAMA nº 397, de 7 de abril de 2008. (2008). Altera o inciso II do § 4º e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA no 357, de 2005, que 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. Publicada no DOU nº66, de 7 de abril de 2008, páginas 64-68.

Resolução CONAMA nº 420, 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. Publicada no DOU de 30 de dezembro de 2009, páginas 81-84.

Santos, L.M.S.S., Monteiro, N.N.C., Moraes, G.F., Reis, W. D., Santos, A. A. (2021). Qualidade da água na área de entorno do antigo lixão de Tangará da Serra (MT). *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, p.323-332. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.003.0027>

Silva, C.A. (2019). *Panorama do antigo lixão de Maceió após 8 anos de encerramento* (Dissertação de Mestrado) - Curso de Geotecnia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Silva, T. A. C., Melloni, R., Melloni, E. G. P., Ramos, P. P., Pereira, J. M. (2020). Avaliação da qualidade de solo de área de lixão desativado: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.13, p. 630-640. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p630-640>

United Nations Environment Programme – UNEP. (2021). *Roadmap for the progressive closure of dumpsites in Latin America and the Caribbean*. Voluntary Coalition of governments and relevant organizations for the progressive closure of dumpsites in Latin America and the Caribbean.

White, S. A., Menchyk, N., Park, D. (2014). Assessing irrigation water quality for pH, salts, & alkalinity introduction: Irrigation water quality and agriculture. *Journal of Extension*, v. 52, p. STOT8. DOI: <https://doi.org/10.34068/joe.52.06.10>

Yang, W., Cheng, L., Liang, H., Xu, A., Li, Y., Nabi, M., Wang, H., Hu, J., Gao, D. (2023). Efficient nitrogen removal from mature landfill leachate by single-stage partial-nitritation anammox using expanded granular sludge bed. *Journal of Environmental Management*, n. 344, p. 118460. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118460>