

Análise pericial de impactos ambientais causados pelo descarte irregular de resíduos laboratoriais: avaliação físico-química e microbiológica

Ana Beatriz Lima, Curso de Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Isabela Eduarda Costa, Curso de Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Jehany Takeda de Carvalho Eugênio, Curso de Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Aline Santi, Curso de Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil, alinesanti@grupointegrado.br

Caroline Bitencourt, Curso de Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil, caroline.silveira@grupointegrado.br

Lilian Gavazzoni, Curso de Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil, lilian.gavazzoni@grupointegrado.br

RESUMO

Este relato técnico descreve a prática laboratorial realizada pelas alunas do curso de Biomedicina no Centro Universitário Integrado, vinculada às disciplinas de Análise Ambiental e de Alimentos e Perícia Ambiental. A atividade teve como objetivo avaliar, por meio de simulação laboratorial, a contaminação do solo através de parâmetros físico-químicos (pH, condutividade e matéria orgânica) e microbiológicos (coliformes totais, termotolerantes, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas). Foram preparadas amostras de solo contaminado simulado, divididas em porções e as técnicas empregadas incluíram medição de pH, condutividade, método de Walkley-Black para determinação de matéria orgânica, técnica do Número Mais Provável para coliformes e contagem em Ágar PCA para bactérias heterotróficas. Os resultados indicaram alcalinidade elevada, alta condutividade em água e presença microbiana significativa, sugerindo contaminação química e biológica associada ao descarte irregular de resíduos laboratoriais. A prática proporcionou às acadêmicas o desenvolvimento de habilidades em análise ambiental pericial, reforçando a importância de práticas laboratoriais seguras e ambientalmente responsáveis.

Palavras-chave: Resíduos laboratoriais. Solo contaminado. Condutividade. pH. Análise microbiológica.

ABSTRACT

This technical report describes the laboratory practice carried out by students of the Biomedicine course at the Centro Universitário Integrado, linked to the subjects of Environmental and Food Analysis and Environmental Expertise. The activity aimed to evaluate, through laboratory simulation, soil contamination using physicochemical parameters (pH, conductivity, and organic matter) and microbiological parameters (total coliforms, thermotolerant coliforms, *Escherichia coli*, and heterotrophic bacteria). Samples of simulated contaminated soil were prepared, divided into portions, and the techniques employed included pH measurement, conductivity, the Walkley-Black method for determining organic matter, the Most Probable Number technique for coliforms, and PCA agar counting for heterotrophic bacteria. The results indicated high alkalinity, high conductivity in water, and significant microbial presence, suggesting chemical and biological

contamination associated with the improper disposal of laboratory waste. The practical experience provided the students with the opportunity to develop skills in forensic environmental analysis, reinforcing the importance of safe and environmentally responsible laboratory practices.

Keywords: Laboratory waste. Contaminated soil. Conductivity. pH. Microbiological analysis.

INTRODUÇÃO

A expansão dos serviços de saúde e laboratoriais no Brasil é acompanhada por um aumento proporcional na geração de resíduos, muitos deles potencialmente perigosos para o meio ambiente. O descarte irregular de resíduos sólidos urbanos, incluindo aqueles de origem laboratorial, representa uma problemática crescente que afeta diretamente a qualidade ambiental e a saúde pública (ARAÚJO; PIMENTEL, 2015). O manejo inadequado desses resíduos pode resultar em contaminação do solo e da água, comprometendo o equilíbrio ecológico das áreas afetadas.

Estudos demonstram que existe uma relação espacial significativa entre o descarte irregular de resíduos e a vulnerabilidade social, evidenciando que essa prática inadequada tende a se concentrar em regiões com menor infraestrutura e fiscalização (SIMONETTI et al., 2021). Quando ocorre o descarte irregular de materiais laboratoriais, os componentes químicos e biológicos presentes podem alterar significativamente as propriedades do solo, afetando a disponibilidade de nutrientes e a vida microbiana local.

De acordo com Stábile (2019), a identificação físico-química e bacteriológica dos resíduos gerados em laboratórios de análises clínicas é fundamental para garantir o descarte ambientalmente correto. A análise microbiológica adequada, seguindo protocolos metodológicos estabelecidos, permite caracterizar contaminações ambientais e avaliar os riscos associados (SILVA et al., 2021).

Além disso, a ausência de políticas eficazes de fiscalização e conscientização ambiental contribui para o agravamento da situação. Penatti (2009) ressalta que o gerenciamento de resíduos laboratoriais deve ser considerado um instrumento essencial de gestão ambiental, especialmente em laboratórios de análises e pesquisa da área química. Assim, compreender os impactos causados pelo manejo inadequado desses resíduos é fundamental para o desenvolvimento de práticas sustentáveis e seguras.

Diante disso, este relato técnico objetivou apresentar a prática laboratorial realizada pelas alunas, baseada em simulação, voltada à análise físico-química e microbiológica de solo simulado contaminado por descarte irregular de resíduos laboratoriais, destacando o papel da Biomedicina na avaliação e mitigação dos danos ambientais.

MÉTODO

A prática foi realizada em outubro de 2025, no laboratório de Análise Ambiental e de Alimentos do Centro Universitário Integrado, com a participação de 50 acadêmicos do curso de Biomedicina, sendo turmas divididas em A1 e A2 (cada uma com 25 alunos em média) vinculados às disciplinas de Análise Ambiental e de Alimentos e Perícia Ambiental.

A atividade teve como objetivo pedagógico proporcionar experiência prática em análise pericial ambiental, desenvolvendo competências técnicas relacionadas à avaliação de impactos causados pelo descarte irregular de resíduos laboratoriais. O cenário foi baseado em simulação de contaminação do solo, permitindo aos discentes aplicar conhecimentos teóricos em um contexto prático controlado e aproximá-los da realidade dos processos de vigilância e monitoramento ambiental.

Foi preparada uma amostra de solo simulado contaminado. O material foi peneirado para remoção de impurezas maiores e dividido em duas porções de 25 g cada para as análises físico-químicas e microbiológicas.

Análises Físico-Químicas: a primeira porção foi misturada com água destilada (H₂O) e a segunda com solução de cloreto de potássio (KCl) 1 mol/L. As amostras foram agitadas vigorosamente e deixadas em repouso para estabilização antes das medições. Foram aferidos os valores de pH utilizando pHmetro calibrado e condutividade elétrica com condutivímetro, em ambas as soluções (H₂O e KCl). Para determinação da matéria orgânica, foi aplicado o método de Walkley-Black modificado com permanganato de potássio (KMnO₄), utilizando uma massa de amostra de 2,5 g e reagentes padronizados, conforme protocolo estabelecido no roteiro de prática.

Análises Microbiológicas: para identificação de coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli*, foi empregada a técnica do Número Mais Provável (NMP) em tubos múltiplos. Foram preparadas diluições seriadas (10⁻¹, 10⁻² e 10⁻³) da amostra de solo, inoculadas em séries de três tubos contendo caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) para teste presuntivo, caldo Verde Brilhante (VB) para confirmação de coliformes totais e caldo *E. coli* (EC) para coliformes termotolerantes. As incubações foram realizadas a 35°C para coliformes totais e 44,5°C para termotolerantes, observando-se a produção de gás e turvação como indicadores de crescimento positivo.

A contagem de bactérias heterotróficas totais foi realizada pela técnica de plaqueamento em profundidade (pour plate) utilizando Ágar para Contagem Padrão (PCA). Após preparo de diluições seriadas até 10⁻⁶, alíquotas de 1 mL foram inoculadas em placas estéreis, seguidas de incubação a 35°C por 48 horas. Posteriormente, foi realizada a contagem de colônias na diluição apropriada.

CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

O descarte irregular de resíduos laboratoriais representa um desafio ambiental significativo no Brasil, demandando profissionais capacitados para identificação, análise e mitigação de seus impactos. A contaminação do solo por resíduos químicos e biológicos pode comprometer a saúde pública e o equilíbrio ecológico, tornando essencial a formação de biomédicos aptos para atuar na avaliação pericial de áreas potencialmente contaminadas.

Diante dessa demanda, as disciplinas de Análise Ambiental e de Alimentos e Perícia Ambiental do curso de Biomedicina identificaram a necessidade de proporcionar aos 50 acadêmicos participantes experiência prática em análise pericial ambiental. O problema central que motivou esta atividade foi: Como identificar e quantificar a contaminação físico-química e microbiológica do solo decorrente do descarte irregular de resíduos laboratoriais, desenvolvendo competências técnicas essenciais para a atuação profissional do biomédico?

A partir dessa questão, estruturou-se uma prática laboratorial simulada realizada em outubro de 2025, que permitisse aos discentes aplicar métodos analíticos padronizados para caracterização de amostras de solo contaminado. A simulação justifica-se pela necessidade de um ambiente controlado para fins didáticos, garantindo segurança aos participantes e permitindo o treinamento adequado antes da atuação em situações reais de perícia ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises Físico-Químicas

A análise demonstrou que o solo dissolvido em água apresentou pH 8,92, caracterizando um meio alcalino, o que pode indicar a presença de compostos químicos básicos no solo simulado contaminado. O pH em KCl foi de 6,45, resultando em um ΔpH positivo de 2,47, sugerindo carga superficial negativa predominante e possível presença de cargas variáveis no solo.

A condutividade elétrica apresentou 186 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e a elevada condutividade em indica maior quantidade de íons dissolvidos, possivelmente relacionados aos contaminantes químicos presentes no solo simulado. Já o teor de matéria orgânica encontrado (0,103%) é classificado como muito baixo (<1%), indicando baixo conteúdo orgânico no solo analisado e menor potencial de contaminação por compostos orgânicos.

A caracterização físico-química de amostras ambientais é fundamental para avaliar o grau de contaminação e identificar possíveis fontes poluidoras (STÁBILE, 2019). Os parâmetros de pH e condutividade elétrica são indicadores

importantes para o diagnóstico da qualidade do solo e podem revelar alterações decorrentes do descarte inadequado de resíduos (SILVA et al., 2021).

Além das análises físico-químicas, foram realizadas também análises microbiológicas com o objetivo de identificar possíveis indícios de contaminação biológica no solo estudado. Essa etapa complementou a avaliação ambiental, permitindo correlacionar parâmetros microbiológicos à presença de matéria orgânica e à qualidade sanitária do ambiente.

A primeira análise consistiu na determinação de coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli* pelo método de tubos múltiplos (NMP), que se baseia na fermentação da lactose com produção de gás. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 – Determinação de coliformes totais, termotolerantes e *E. coli* pelo método do Número Mais Provável (NMP)

Diluição	10-1	10-2	10-3	Resultado (NMP/g)
Coliformes totais	3/3	3/3	3/3	>1100
Coliformes Termotolerantes	3/3	3/3	3/3	>1100
<i>E. coli</i>	3/3	3/3	3/3	>1100

Nota: 3/3 indica que os três tubos inoculados em cada diluição apresentaram resultado positivo (turvação e produção de gás).

A sequência 3-3-3 obtida para todas as análises indica contaminação elevada por coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli*, com valores superiores a 1100 NMP/g, demonstrando alta carga de contaminação fecal no solo analisado.

Em seguida, foi realizada a contagem de bactérias heterotróficas totais (UFC/g), por meio da técnica de semeadura em Ágar PCA (Plate Count Agar). Após a inoculação de 1 mL de cada diluição (até 10^{-6}) em placas estéreis e incubação a 35°C por 48 h, observou-se crescimento expressivo de colônias, indicando alta carga microbiana associada à presença de matéria orgânica biodegradável no solo.

Para o cálculo da contagem de bactérias heterotróficas, foi selecionada a placa da diluição 10^{-5} , que apresentou 60 colônias. Aplicando-se a fórmula de contagem padrão, obteve-se:

$$\text{UFC/g} = (\text{n}^{\circ} \text{ de colônias}) \times (\text{inverso da diluição})$$

$$\text{UFC/g} = 60 \times 10^5 = 6 \times 10^6 \text{ UFC/g}$$

Esse resultado expressa uma carga microbiana extremamente elevada, confirmando a presença de extensa população bacteriana heterotrófica no solo contaminado.

Esses resultados demonstram que, além dos impactos físico-químicos, o solo também apresenta desequilíbrio microbiológico, reforçando a hipótese de contaminação ambiental por resíduos laboratoriais. Conforme Silva et al. (2021), a combinação de indicadores físico-químicos e microbiológicos fornece uma avaliação mais completa da qualidade ambiental, permitindo a interpretação integrada da saúde do solo e de seus possíveis riscos ecológicos.

Esses dados reforçam a necessidade de implementação de políticas eficazes de descarte correto de resíduos sólidos urbanos e monitoramento de áreas vulneráveis. Araújo e Pimentel (2015) destacam que o descarte irregular representa uma problemática ambiental significativa que demanda ações de gestão e fiscalização. Simonetti et al. (2021) evidenciam que há uma relação espacial entre o descarte inadequado e áreas de maior vulnerabilidade social, reforçando a importância de políticas públicas direcionadas.

Nesse contexto, o gerenciamento adequado de resíduos laboratoriais deve ser considerado um instrumento essencial de gestão ambiental (PENATTI, 2009), contribuindo para a prevenção de impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública.

A atividade prática permitiu aos discentes vivenciar o papel do biomédico na análise pericial ambiental, desenvolvendo competências essenciais em coleta, processamento e interpretação de dados ambientais. Embora realizada em contexto simulado, a prática aproximou os alunos da realidade dos processos de vigilância e monitoramento ambiental, contribuindo significativamente para sua formação profissional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática laboratorial atingiu o objetivo proposto de realizar uma avaliação físico-química e microbiológica do solo potencialmente contaminado, permitindo compreender a importância do pH, da condutividade e da presença microbiana como indicadores ambientais.

Os resultados obtidos indicam a presença de compostos e microrganismos que alteram o equilíbrio natural do solo, demonstrando o impacto que o descarte irregular de resíduos laboratoriais pode causar. Além de contribuir para o aprendizado técnico, a atividade reforçou o papel do biomédico na área ambiental, como agente de prevenção e monitoramento de contaminações.

Ressalta-se que a prática foi realizada de forma simulada em ambiente laboratorial controlado, não representando coleta em campo real ou análise de solo efetivamente contaminado. Essa limitação não compromete o objetivo pedagógico da atividade, que consistiu no treinamento técnico e desenvolvimento de habilidades periciais em contexto acadêmico.

A atividade contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento das competências práticas previstas nas disciplinas, aproximando os alunos da realidade dos processos de vigilância e monitoramento ambiental, e fortalecendo a formação crítica quanto às questões de descarte de resíduos e responsabilidade socioambiental.

Para estudos futuros, recomenda-se complementar as análises com parâmetros químico-toxicológicos e microbiológicos mais específicos, ampliando a compreensão dos impactos ambientais e fortalecendo a formação científica dos alunos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Kássia Karina; PIMENTEL, Angélica Kelly. A problemática do descarte irregular dos resíduos sólidos urbanos nos bairros Vergel do Lago e Jaíúca em Maceió. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 626-668, out. 2015/mar. 2016.

PENATTI, Fábio Eduardo. *Gerenciamento de resíduos como instrumentos de gestão ambiental em laboratórios de análises e pesquisa da área química*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

SILVA, Neusely da et al. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. 6. ed. São Paulo: Blucher, 2021.

SIMONETTI, Vanessa Cesar et al. Análise da relação espacial entre o descarte irregular de resíduos sólidos urbanos e a vulnerabilidade social. *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, Rio Claro, v. 19, n. 2, p. 61-76, jul./dez. 2021.

STABILE, Everson. *Identificação físico-química e bacteriológica dos resíduos gerados em um laboratório de análises clínicas usando o descarte ambientalmente correto*. 2019. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2019.