

Efeitos da contaminação por resíduos laboratoriais sobre a qualidade microbiológica e química do solo: um estudo simulado

Isabela Santos de Oliveira, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Maryanne Siqueira Pires, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil

Maria Eduarda da Silva Fernandes, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil

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

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

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos ambientais da contaminação do solo por resíduos laboratoriais, utilizando uma amostra coletada no Centro Universitário Integrado e intencionalmente contaminada para fins didáticos. A análise envolveu parâmetros físico-químicos, como pH, condutividade elétrica e teor de matéria orgânica. Além da avaliação microbiológica por meio da análise de coliformes totais, termotolerantes e contagem de bactérias heterotróficas. Os resultados físico-químicos indicaram pH de 2,10, condutividade elétrica de 0,70 mS/cm e teor de matéria orgânica de 3,006%, demonstrando solo com características moderadamente férteis, baixa salinidade e potencial de acidificação em presença de sais. A análise microbiológica revelou elevada presença de coliformes (460 NMP/g) e termotolerantes (>1100 NMP/g), além de crescimento de bactérias heterotróficas ($9,2 \times 10^2$ UFC/g), evidenciando influência direta da contaminação sobre a atividade microbiana. Os dados confirmam que pequenas alterações químicas no solo podem gerar impactos biológicos relevantes, reforçando a sensibilidade de parâmetros como pH, condutividade e carga microbiana na detecção de contaminação. O estudo destaca a importância do manejo adequado de resíduos laboratoriais e do monitoramento contínuo da qualidade do solo.

Palavras-chave: Solo. Contaminação Ambiental. Resíduos laboratoriais. Microbiologia. Parâmetros Físico-Químicos.

Abstract

The present study aimed to evaluate the environmental impacts of soil contamination by laboratory waste, using a sample collected at Centro Universitário Integrado and intentionally contaminated for educational purposes. The analysis included physicochemical parameters such as pH, electrical conductivity, and organic matter content, as well as microbiological evaluation through the analysis of total coliforms, thermotolerant coliforms, and heterotrophic bacteria count. The physicochemical results indicated a pH of 2,10, electrical conductivity of 0.70 mS/cm, and organic matter content of 3.006%, demonstrating soil with moderately fertile characteristics, low salinity, and potential for acidification in the presence of salts. The microbiological analysis revealed a high presence of coliforms (460 MPN/g) and thermotolerant coliforms (>1100 MPN/g), in addition to the growth of heterotrophic bacteria (9.2×10^2 CFU/g), highlighting the direct influence of contamination on microbial activity. The data confirm that small chemical changes in

the soil can generate significant biological impacts, reinforcing the sensitivity of parameters such as pH, conductivity, and microbial load in detecting contamination. The study emphasizes the importance of proper management of laboratory waste and continuous monitoring of soil quality.

Keywords: Soil. Environmental Contamination. Laboratory Waste. Microbiology. Physicochemical Parameters.

INTRODUÇÃO

A contaminação do solo por resíduos laboratoriais representa um problema ambiental significativo, capaz de comprometer a qualidade dos ecossistemas e a saúde pública. Esses resíduos podem conter substâncias químicas, biológicas e farmacêuticas que, quando descartadas de forma inadequada, alteram as propriedades físico-químicas do solo, interferindo em seu pH, condutividade elétrica e equilíbrio microbiano natural. Além de afetar diretamente a fertilidade e a estrutura do solo, esses contaminantes podem atingir os lençóis freáticos, ampliando o risco de contaminação ambiental e biológica (Ghazal et al, 2023; Oliveira et al, 2021).

Entre as variáveis que podem influenciar a qualidade do solo, destacam-se a umidade, a temperatura ambiente, o tempo de exposição à contaminação, o tipo de resíduo utilizado e a heterogeneidade natural da amostra. Esses fatores interferem tanto na atividade microbiana quanto nas propriedades físico-químicas do solo, podendo alterar significativamente as medições obtidas. Assim, compreender essas interações é essencial para interpretar corretamente os resultados e reforçar a importância do manejo adequado dos resíduos laboratoriais (Cicca et al, 2021; Ghazal et al, 2023).

O projeto teve como objetivo compreender esses impactos, por meio da análise de solo, onde a amostra foi intencionalmente contaminada para fins didáticos, buscando compreender a importância de manutenção do solo através de análises ambientais.

MÉTODO

O solo foi coletado no Centro Universitário Integrado (Campo Mourão – PR) e intencionalmente contaminado com materiais químicos e microbiológicos, em seguida seco, peneirado para as análises físico-químicas, que incluíram determinação do pH, condutividade elétrica e teor de matéria orgânica (%MO), utilizando equipamentos devidamente calibrados. O pH foi obtido a partir de suspensões de solo e a diferença entre pH em água e em KCl permitiu estimar a acidez potencial do solo. A condutividade elétrica foi medida em suspensão solo/água, e a matéria orgânica foi quantificada pelo método de titulação.

A análise microbiológica foi realizada pelo método dos tubos múltiplos para detecção de coliformes totais e termotolerantes, utilizando Caldo Lactose Lauril Triptose (LST), caldo Verde Brilhante e Caldo *Escherichia coli* (EC). Três séries de tubos foram preparadas e inoculadas com diferentes volumes de diluições da amostra (10mL, 1mL e 0,1mL), seguido de incubação a 35 °C por até 48 horas para detecção inicial de gás. Os tubos positivos permitiram estimar o Número Mais Provável (NMP/g) de microrganismos no solo contaminado. Para a contagem de bactérias heterotróficas foi realizada a técnica de *pour plate*, em meio PCA (Plate Count Agar), com incubação a 35°C por 48 horas.

CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

O problema identificado que motivou este projeto consiste na necessidade de avaliar os impactos ambientais decorrentes da contaminação do solo por resíduos laboratoriais, mesmo que em condições experimentais. Observou-se que, mesmo em ambientes acadêmicos, mesmo que a contaminação seja mínima, o descarte inadequado de resíduos provenientes de atividades práticas ou projetos científicos podem alterar parâmetros físico-químicos e microbiológicos do solo, comprometendo sua qualidade e equilíbrio ecológico.

Dessa forma, o projeto buscou compreender e simular essas alterações por meio da contaminação experimental de amostra de solo, a fim de gerar dados que contribuam para a conscientização ambiental e para o aprimoramento das

práticas de gestão e descarte de resíduos laboratoriais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise físico-química do solo, a diferença entre o pH em água (7,50) e ph em KCl (5,40) resultou em ΔpH de 2,10, indicando alta acidez potencial por estar acima do valor indicado como normal ($<1,5$). O ΔpH de 2,10 indica que, apesar do pH em água sugerir leve alcalinidade, o solo apresenta elevada acidez potencial, característica de ambientes onde grande quantidade de íons H^+ e Al^{3+} está adsorvida às partículas do solo. Valores acima de 1,5 são considerados anormais e refletem forte acidez trocável, geralmente associada à presença de contaminantes ou à saturação de cargas negativas no complexo de troca. Esse comportamento evidencia que o solo, embora aparentemente neutro em solução aquosa, possui reservas internas de acidez que são liberadas em contato com eletrólitos, confirmando alteração química significativa decorrente da contaminação experimental. (Ferreira et al, 2025)

O valor de condutividade elétrica que foi de 0,70 mS/cm, sugere uma baixa concentração de sais solúveis, o que caracteriza o solo como pouco salino, dentro dos limites adequados para solos não contaminados (Ghazal et al, 2023). Já o teor de matéria orgânica de 3,006% é considerado médio, refletindo boa capacidade de retenção de nutrientes e um equilíbrio entre atividade microbiana e decomposição da matéria vegetal (Oliveira et al, 2021).

Na análise microbiológica, os resultados indicaram presença significativa de microrganismos indicadores de contaminação fecal. O teste com caldo VB apresentou resultado 3-3-1, correspondendo a 460 NMP/g, enquanto o caldo EC apresentou 3-3-3, com resultado superior a 1100 NMP/g. Esses valores sugerem alta presença de coliformes totais e termotolerantes e *E. coli*, apontando contaminação microbiológica expressiva. De acordo com a Instrução Normativa SDA nº 27/2006, solos com valores acima de 1.000 NMP/g indicam condições favoráveis à proliferação de microrganismos patogênicos, especialmente em ambientes onde há matéria orgânica disponível e umidade suficiente, condições

observadas na amostra analisada.

A contagem em placa no meio PCA resultou em 92 colônias na diluição 10^{-1} , correspondendo a $9,2 \times 10^2$ UFC/g. Esse valor indica uma carga microbiana baixa, quando comparado aos padrões normalmente observados em solos não contaminados (Ghazal et al, 2023), que apresentam valores de 10^3 a 10^7 UFC/g. A redução da atividade microbiana pode estar associada à presença dos resíduos laboratoriais adicionados à amostra, que podem ter causado estresse ou inibição parcial do crescimento bacteriano. Assim, a quantidade observada sugere impacto negativo sobre a microbiota do solo, diferindo do esperado para um ambiente naturalmente equilibrado (Ghazal et al, 2023).

De modo geral, os resultados obtidos refletem alterações compatíveis com um solo submetido à contaminação experimental, apresentando indicadores microbiológicos e físico-químicos coerentes com a literatura. O equilíbrio entre pH, condutividade e teor de matéria orgânica contribuiu para sustentar a atividade microbiana observada, evidenciando como pequenas variações químicas podem gerar grandes impactos biológicos. Esses achados reforçam a necessidade de manejo adequado dos resíduos laboratoriais e do monitoramento contínuo da qualidade do solo em áreas próximas a laboratórios e instituições de ensino.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizar a prática das análises permitiu alcançar o objetivo proposto, evidenciando os impactos ambientais decorrentes da contaminação experimental do solo por resíduos laboratoriais e como funciona a rotina de um laboratório de análises ambientais. A comparação com a literatura reforça que parâmetros como Δ pH, condutividade elétrica e microbiota são indicadores sensíveis de alterações ambientais e permitem detectar variações provocadas pela introdução de resíduos laboratoriais. Esses achados evidenciam a importância do monitoramento contínuo da qualidade do solo e da adoção de práticas adequadas de gerenciamento de resíduos, especialmente em ambientes acadêmicos, onde o descarte inadequado pode gerar impactos químicos e biológicos relevantes ao meio ambiente e à saúde

pública.

Entre as limitações deste estudo, destaca-se o uso de uma única amostra experimental e a contaminação controlada, o que restringe a extrapolação dos resultados para condições ambientais reais. Além disso, a ausência de análises complementares, como determinação de metais pesados ou quantificação de resíduos farmacêuticos, limitou a compreensão integral do impacto químico gerado. Para pesquisas reais, recomenda-se incluir maior número de amostras, diferentes tipos de contaminantes e avaliações temporais da recuperação da microbiota e do equilíbrio físico-químico do solo. Tais abordagens podem ampliar o entendimento sobre os mecanismos de alteração e resiliência dos solos expostos a resíduos laboratoriais.

REFERÊNCIAS

CICCA, I. F. C. et al. Diagnóstico das condições de coleta e transporte externos de resíduos laboratoriais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, e455101623798, 2021.

GHAZAL, H. Pharmaceutical contamination in the environment. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 103, art. 104251, 2023.

OLIVEIRA, L. L. N. et al. Estudo sobre o manejo inadequado de resíduos de serviços de saúde e seus impactos ambientais. **Revista Brasileira de Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 8, n. 2, 2021.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa SDA nº 27**, de 05 de junho de 2006.

FERREIRA, N.-R.; PEREIRA, G. A.; SILVA, M. Determination of potential acidity in soils with high organic matter. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 49, e0240146, 2025.