

Importância da análise de solo e do manejo correto de resíduos no contexto pericial e ambiental

O projeto teve como objetivo compreender a importância do descarte adequado de resíduos e a relevância da análise de solo em investigações criminais. A atividade foi desenvolvida no Centro Universitário Integrado-Campus, onde foi simulada uma cena de crime para a coleta e análise de amostras de solo. Foram aplicadas práticas laboratoriais envolvendo análises físico-químicas, seguindo protocolos que garantem a integridade da cadeia de custódia, além das análises microbiológicas. O estudo também abordou a conscientização sobre o manejo correto de resíduos e a necessidade de educação ambiental entre profissionais da saúde e gestores. A atividade permitiu entender a relação entre o solo e a cena do crime, evidenciando a importância dessa análise para a investigação forense e para a identificação mais ágil e eficaz de suspeitos.

Palavras-chave: Descarte de resíduos. Educação ambiental. Análise de solo. Investigação forense. Cadeia de custódia.

The project aimed to understand the importance of proper waste disposal and the relevance of soil analysis in criminal investigations. The activity was developed at the Centro Universitário Integrado-Campus, where a crime scene was simulated for the collection and analysis of soil samples. Laboratory practices involving physicochemical analyses were applied, following protocols that guarantee the integrity of the chain of custody, in addition to microbiological analyses. The study also addressed awareness of the correct handling of waste and the need for environmental education among health professionals and managers. The activity allowed for an understanding of the relationship between soil and the crime scene, highlighting the importance of this analysis for forensic investigation and for the faster and more effective identification of suspects.

Keywords: Waste disposal. Environmental education. Soil analysis. Forensic investigation. Chain of custody.

INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de resíduos interfere negativamente na saúde e no bem-estar da população, além de comprometer o meio ambiente. Essa prática ainda é muito comum, o que desperta preocupações recorrentes. Em diversas situações, a falta de preparo ou conhecimento dos gestores, profissionais da saúde, equipes de limpeza e até mesmo dos pacientes pode gerar acidentes ocupacionais e impactar o meio ambiente. Destaca-se, portanto, a importância da atualização profissional e das ações de educação ambiental (Souza et al., 2023; Patrício; Amorim; Borges, 2022).

A análise de solo também desempenha papel relevante em investigações criminais, funcionando como uma ferramenta capaz de relacionar o cenário do crime aos possíveis suspeitos. A coleta de amostras de solo contaminado permite a realização de exames químicos, físicos e mineralógicos, possibilitando a

associação de vestígios presentes na cena, como resíduos em sapatos, roupas, veículos, objetos ou documentos, aos envolvidos. A coleta adequada é fundamental para a manutenção da cadeia de custódia, garantindo que o material chegue íntegro ao final do processo investigativo. Todo o procedimento deve ser devidamente registrado, armazenado de forma segura e conduzido conforme protocolos analíticos padronizados, assegurando a confiabilidade dos resultados (Testoni et al., 2023).

Considerando essa relevância, o presente projeto teve como objetivo integrar ensino e prática por meio de uma atividade extensionista. A partir de uma cena de crime simulada, foi possível realizar a identificação do cenário, a coleta adequada do solo e sua posterior análise laboratorial. Proporcionando aos alunos a vivência dos procedimentos periciais, ao mesmo tempo em que se discutiu a importância do descarte correto de resíduos e dos impactos ambientais decorrentes da contaminação do solo

MÉTODO

A pesquisa foi realizada no Centro Universitário Integrado – Campus Campo Mourão, durante a disciplina de Perícia, com a coleta de solo em uma área considerada “suspeita” de descarte inadequado. A segunda etapa ocorreu nas aulas de Análises Ambientais e de Alimentos, onde foram realizadas as análises laboratoriais do solo.

Para as análises físico-química realizou-se a determinação do pH do solo para avaliar o grau de acidez ou alcalinidade. Preparo da amostra: coletaram-se 10 g de solo da área estudada, devidamente identificada, seca e peneirada. Realizou-se o pH em água: adicionaram-se 25mL de água destilada ao béquer contendo o solo, homogeneizando e deixando em repouso por 30 min., e o pH em KCl 1 mol/L, repetiu-se o mesmo procedimento, substituindo a água por 25mL de solução de KCl 1 mol/L. Após 30min de repouso, realizou-se a leitura do pH, e a diferença entre os resultados deram o pH total.

A condutividade elétrica foi determinada para medir a capacidade do solo em conduzir corrente elétrica. O solo foi coletado da camada de 0 a 20 cm de profundidade, seco à temperatura ambiente (~25 °C), peneirado em malha de 2 mm, homogeneizado e rotulado. Pesaram-se 10 g de solo seco, transferidos para um béquer de 100 mL com 25 mL de água destilada. A mistura foi agitada por 30 min e deixada em repouso por 5 min para sedimentação parcial. Calibração do equipamento: o condutímetro foi calibrado com solução padrão de KCl 0,01 mol/L, ajustando-se o fator de temperatura (CAT). Medição: o eletrodo foi inserido na parte líquida da suspensão até estabilização da leitura. A medição foi realizada em duplicata, lavando o eletrodo com água destilada entre as leituras. Após a realização das análises laboratoriais, os resultados foram registrados e discutidos, complementando a pesquisa proposta.

Próximo passo, foi feita a oxidação da matéria orgânica, ou seja, um processo em que as moléculas orgânicas perdem elétrons e são degradadas para liberar energia. Começamos fazendo a preparação da amostra, secando o solo em ar livre, peneirando a amostra em malha de 2 mm e homogeneizando e armazenando em recipiente limpo e identificando. Pesamos exatamente 0,5 g de solo seco ao ar em erlenmeyer de 250mL. Adicionamos 10 mL de solução de $K_2Cr_2O_7$ 1 N com pipeta graduada. Foi adicionado lentamente 20 mL de H_2SO_4 concentrado (em capela) homogeneizando. Deixamos reagir por 30 minutos em repouso, sempre protegido da luz. Fizemos a titulação adicionando 100mL de água destilada à mistura e 2 a 3 gotas da solução de difenilamina. Titulamos com $FeSO_4$ 0,5 N até a mudança de cor de roxo para verde-azulado e registramos o volume gasto.

Para as análises microbiológicas foi realizado a determinação de coliformes totais e termotolerantes, para identificar e quantificar coliformes totais e termotolerantes em amostras de solo, por meio da técnica dos tubos múltiplos. Foram preparadas séries com três conjuntos de tubos contendo 10mL de caldo Lactose Lauril Triptose (LST) para teste presuntivo, caldo Verde Brilhante (VB), para termotolerantes e caldo Escherichia coli (EC) para identificação de E. Coli. Inocularam-se em todos os caldos 10mL da amostra nos três primeiros tubos, 1mL nos três seguintes e 0,1mL nos três últimos. As amostras foram incubadas a $35 \pm 0,5$ °C por 24 a 48 h. A formação de gás evidenciou os tubos positivos e a sequência foi identificada da tabela de Número Mais Provável.

Para a Contagem de bactérias heterotróficas foram realizadas diluições seriadas da amostra de 10^{-1} a 10^{-9} com solução salina. Inocularam-se 1mL de cada diluição em placas de Petri, adicionando-se meio PCA fundido e resfriado a 45 °C. As placas foram incubadas a $35 \pm 0,5$ °C por 48 h. Selecionaram-se as placas com 30 a 300 colônias para contagem, calculando-se a média e expressando o resultado em UFC/g.

CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

O presente projeto foi desenvolvido com as disciplinas de Perícia e Análise Ambiental, do curso de Biomedicina do Centro Universitário Integrado - Campus, sob orientação das professoras. A atividade consistiu em uma simulação de cena de crime com o objetivo de aplicar, de forma prática, os conhecimentos teóricos relacionados à perícia criminal ambiental e aos procedimentos de coleta e análise de amostras de solo. A área foi considerada suspeita devido à presença de vestígios, incluindo resíduos e alterações visíveis no solo que sugeriam possível contaminação ambiental.

Durante a simulação, nós alunos atuamos como peritos, realizando a identificação, coleta e preservação de evidências encontradas na área designada. Dentre os materiais coletados, foram obtidas amostras de solo para posterior avaliação

laboratorial, visando identificar possíveis indícios de contaminação e estabelecer a relação entre os vestígios presentes no local e o crime simulado.

As análises laboratoriais foram conduzidas no laboratório da instituição, sob supervisão e essa etapa permitiu associar a prática pericial à investigação científica, demonstrando a importância da análise ambiental na produção de provas periciais e na avaliação de impactos ambientais decorrentes de atividades humanas. O projeto, possibilitou aos universitários compreender a relevância do trabalho pericial como instrumento de apoio à justiça e à preservação ambiental, integrando teoria, prática e pesquisa aplicada no contexto da formação profissional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises microbiológicas das amostras de solo evidenciaram a presença significativa de microrganismos indicadores de contaminação. A quantificação foi realizada por meio da técnica do Número Mais Provável (NMP), permitindo estimar a densidade microbiana a partir da combinação de tubos positivos observada em cada diluição. A técnica de NMP é um método referendado para matrizes com baixos níveis de contaminação e quando o número de organismos é esperado ser disperso; contudo, apresenta amplitude estatística relativamente ampla (intervalos de confiança largos) e limitações de especificidade que devem ser consideradas na interpretação.

Além dos parâmetros microbiológicos, também foram determinados valores físico-químicos para auxiliar na compreensão da dinâmica microbiana no solo analisado. O pH em H₂O foi de 5,31, enquanto em KCl apresentou valor de 4,94, resultando em um ΔpH negativo (-0,37), o que indica predominância de cargas negativas na superfície dos colóides do solo. Solos com pH ácido, como observado, favorecem maior mobilidade de alumínio e menor disponibilidade de nutrientes essenciais, além de poder influenciar a composição microbiana local (EMBRAPA, 2017).

A condutividade elétrica encontrada (508 μS/cm) caracteriza um solo com baixo a moderado teor de sais solúveis, compatível com áreas não antropizadas intensamente. Já o carbono orgânico apresentou valor estimado de 0,516%, e a matéria orgânica, calculada a partir do fator de Van Bemmelen, foi de aproximadamente 0,88%. Esses valores indicam um teor reduzido de matéria orgânica, característica que pode limitar a atividade microbiana, uma vez que esse parâmetro está diretamente relacionado à disponibilidade de substratos metabólicos para microrganismos heterotróficos (Stevenson & Cole, 1999).

No caldo VB, correspondente à combinação 3-3-0, obteve-se um valor estimado de 240 NMP/g de solo, com intervalo de confiança entre 42 e 1.000 NMP/g, indicando uma contaminação microbiana de nível moderado. Valores nesse nível são consistentes com solos impactados por matéria orgânica em decomposição ou com aporte pontual de fontes fecais, mas ainda distam de níveis extremos observados em materiais altamente contaminados (por exemplo, esterco bruto ou lodo não

tratado). A amplitude do intervalo de confiança (42–1.000 NMP/g) enfatiza a incerteza inerente ao método NMP e a necessidade de amostragens replicadas ou métodos complementares (p. ex. CFU por plating ou métodos moleculares) para refinamento estimativo.

Por outro lado, o caldo EC, com combinação 3-3-2, apresentou um valor de 1.100 NMP/g de solo e intervalo de confiança de 180 a 4.100 NMP/g, caracterizando alta contaminação microbiológica. Níveis dessa ordem já foram relatados em solos submetidos à irrigação com águas residuárias domésticas ou em amostras com contribuição recente de dejetos animais/humanos, e representam risco aumentado de exposição a patógenos indicadores, especialmente se houver contato direto ou transferência para cultivo de alimentos.

A contagem de bactérias heterotróficas revelou valor aproximado de $1,3 \times 10^{11}$ UFC/g, indicando elevada atividade microbiana geral. Contagens tão altas são frequentemente observadas em solos com acúmulo recente de material orgânico ou em ambientes com aporte de resíduos biodegradáveis, reforçando indícios de impacto antrópico (Atlas & Bartha, 1998).

A variação entre as amostras demonstra a influência de fatores ambientais e antrópicos sobre a microbiota do solo, possivelmente relacionados à presença de matéria orgânica em decomposição, resíduos sólidos ou efluentes domésticos. A literatura mostra que a presença de matéria orgânica, aplicação de esterco ou lodo, e irrigação com águas residuárias elevam e prolongam a persistência de indicadores fecais no solo, embora as taxas de declínio e retenção dependam de temperatura, umidade, textura do solo e atividade microbiana nativa. Esses fatores explicam tanto a heterogeneidade espacial quanto os amplos intervalos de confiança observados nas estimativas por NMP.

Esses resultados reforçam a relevância do monitoramento microbiológico em perícias ambientais, uma vez que permitem identificar áreas potencialmente impactadas por atividades humanas e contribuem para a elaboração de estratégias de mitigação e recuperação ambiental. Para fins periciais e de gestão recomendamos, com base na literatura: (i) repetir amostragens em épocas e pontos adicionais para reduzir incerteza; (ii) complementar NMP com contagem por placa e/ou qPCR para alvos específicos (*E. coli*, enterococos, genes de resistência) quando necessário; (iii) registrar parâmetros físico-químicos (matéria orgânica, umidade, pH) que ajudam a interpretar os resultados microbianos; e (iv) comparar os resultados com linhas-base locais ou com estudos regionais equivalentes para contextualização do risco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto atingiu plenamente seu objetivo educativo ao proporcionar aos alunos uma vivência prática alinhada aos procedimentos reais da perícia ambiental e criminal. A análise das amostras de solo permitiu compreender, na prática, como

parâmetros físico-químicos e microbiológicos podem indicar impactos ambientais e auxiliar na reconstituição de cenários investigativos.

Os resultados obtidos revelaram um solo ácido, com baixa condutividade elétrica e teor muito reduzido de matéria orgânica, características que indicam baixa fertilidade e possível alteração das condições naturais do ambiente. As análises microbiológicas reforçaram esse cenário, apontando contaminação moderada no caldo VB e contaminação elevada no caldo EC, além de uma altíssima carga de bactérias heterotróficas, sugerindo forte influência antrópica, aporte recente de matéria orgânica e potencial presença de contaminantes de origem fecal.

A interpretação integrada desses resultados permitiu aos alunos compreender como a análise de solo pode indicar processos de degradação ambiental, apontar riscos microbiológicos e auxiliar na inferência de possíveis fontes de contaminação, aspectos essenciais na prática pericial. A atividade também reforçou a importância da cadeia de custódia, do rigor metodológico e da conduta profissional responsável, elementos indispensáveis em análises laboratoriais e investigações de natureza criminal.

Dessa forma, o projeto demonstrou a relevância da extensão universitária como ferramenta formativa, unindo teoria e prática de maneira significativa. Ao integrar conhecimentos da biomedicina, da perícia e das ciências ambientais, a experiência fortaleceu o vínculo entre os estudantes, a universidade e o aprendizado científico aplicado, contribuindo para a formação de profissionais mais críticos, capacitados e preparados para atuar em contextos reais.

REFERÊNCIAS

PATRÍCIO, K. P.; AMORIM, A. R.; BORGES, B. Z. R. O descarte incorreto de resíduos sólidos em um centro cirúrgico: um problema ambiental, econômico e social. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 617–623, 2022.

SOUZA, V. B. de; HOLLAS, C. E.; BORTOLI, M.; MANOSSO, F. C.; SOUZA, D. Z. Heavy metal contamination in soils of a decommissioned landfill southern Brazil: ecological and health risk assessment. *Chemosphere*, v. 339, p. 139689, oct. 2023.

TESTONI, S. A.; SILVA, A. S.; LIMA, N. P. K. de; AGUIAR, M. P.; SANTOS, R. S.; LEITZKE, A. F.; MIGUEL, P.; CAMARGO, F. A. O.; CARREÑO, N. L. V.; MARIOTTI, K. C.; ORTIZ, R. S.; PEREIRA, C. M. P. de. Discriminação de solos coletados em Pelotas, Rio Grande do Sul, para fins forenses. *Revista Ijes Ciência*, v. 9, n. 3, p. 1–18, 2023.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: APHA, [s.d.].

ATLAS, R. M.; BARTHA, R. Microbial Ecology: Fundamentals and Applications. 4. ed. Redwood City: Benjamin Cummings, 1998.

SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio



BRINTON JR., W. F. et al. Occurrence and levels of fecal indicators in compost and biosolids. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 38, n. 3, p. 1278-1286, 2009.

EMBRAPA. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017.

HOLCOMB, D. A. et al. Microbial indicators of fecal pollution: recent progress and perspectives. *Environmental Science & Technology*, v. 44, n. 19, p. 7376-7381, 2010.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. *Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1999.

YANG, B. et al. Impact of rural domestic wastewater irrigation on the physicochemical and microbiological properties of Pakchoi and soil. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, p. 3276-3287, 2015.