

## Diagnóstico laboratorial de solo contaminado e sua relevância para a saúde coletiva e sustentabilidade

Leonardo Vinicius de Matos Kaminski, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Natiele Zimmermann Eberhardt, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Amanda Sara Nunes Castilho, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Giovanna Garofalo Santos, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Maria Eduarda Lima Andrade Cerqueira, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Mariana Candido Ribeiro, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Natiele Zimmermann Eberhardt, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

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

Caroline Bittencourt da Silveira, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil,  
caroline.silveira@grupointegrado.br

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

**Resumo em português:** Este estudo, desenvolvido nas disciplinas de Análise Ambiental e Perícia Criminal do Centro Universitário Integrado, teve como objetivo promover conhecimentos sobre manejo de amostras, contaminação do solo e suas implicações ambientais e sanitárias, integrando prática laboratorial e conscientização comunitária. Considerando a falta de compreensão da população sobre os riscos da contaminação do solo e sua relação direta com a saúde e o equilíbrio ambiental, o projeto enfatizou a importância de práticas adequadas de descarte e gerenciamento de resíduos, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 3 e 11. A metodologia envolveu a simulação de uma cena de crime, com coleta, isolamento e registro de vestígios, seguida de análises microbiológicas e físico-químicas. O solo coletado foi submetido a diluições seriadas e inoculação em caldos específicos (LST, VB e EC) e em Ágar PCA. Os resultados microbiológicos revelaram presença elevada de microrganismos, com valor estimado de  $>1100$  NMP/g e  $1 \times 10^5$  UFC/g, indicando alto nível de contaminação por *Escherichia coli*, compatível com estudos prévios. As análises físico-químicas apontaram pH alcalino (9,26 e 8,91 em água e KCl, respectivamente), condutividade elétrica de  $0,38 \text{ dS m}^{-1}$  e baixo teor de matéria orgânica (0,541%), fatores que afetam negativamente a fertilidade e a dinâmica biológica do solo. Os achados reforçam a necessidade de ações educativas contínuas, gestão adequada de resíduos e monitoramento técnico para reduzir impactos ambientais e promover saúde coletiva.

**Palavras-chave:** Análises clínicas. Análise ambiental. Educação ambiental. Sustentabilidade. *Escherichia coli*.

**Resumo em inglês:** This study, developed within the Environmental Analysis and Criminalistics disciplines at the Centro Universitário Integrado, aimed to promote knowledge about sample handling, soil contamination, and its environmental and sanitary implications, integrating laboratory practice and community awareness. Considering the population's lack of understanding about the risks of soil contamination and its direct relationship with health and environmental balance, the project emphasized the importance of proper waste disposal and management practices, aligning with Sustainable Development Goals 3 and 11. The methodology involved simulating a crime scene,

with the collection, isolation, and recording of traces, followed by microbiological and physicochemical analyses. The collected soil was subjected to serial dilutions and inoculation in specific broths (LST, VB, and EC) and in PCA agar. The microbiological results revealed a high presence of microorganisms, with an estimated value of  $>1100$  MPN/g and  $1 \times 10^5$  CFU/g, indicating a high level of contamination by *Escherichia coli*, consistent with previous studies. Physicochemical analyses indicated an alkaline pH (9.26 and 8.91 in water and KCl, respectively), an electrical conductivity of  $0.38 \text{ dS m}^{-1}$ , and a low organic matter content (0.541%), factors that negatively affect soil fertility and biological dynamics. These findings reinforce the need for continuous educational actions, proper waste management, and technical monitoring to reduce environmental impacts and promote public health.

**Keywords:** Clinical analyses. Environmental analysis. Environmental education. Sustainability. *Escherichia coli*.

## INTRODUÇÃO

A eliminação de resíduos sólidos em ambientes inapropriados proveniente de cidades, vem demonstrando aumento e uma grande preocupação (Milhome et al., 2018). Estudos demonstram que, em instituições onde não há planos de gerenciamento de resíduos, normas de segurança ou locais adequados de descarte, o risco de contaminações ambientais e ocupacionais aumenta consideravelmente (Silva, Mineo & Souza, 2019).

Casos práticos revelam que a ausência de planejamento e acompanhamento adequado ainda é uma realidade em muitos laboratórios de instituições de ensino e pesquisa. Nessas situações, observa-se acúmulo de resíduos, manipulação insegura de substâncias químicas e até a destinação final em locais inadequados, o que compromete a saúde coletiva e o meio ambiente. A experiência do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba, mostrou justamente a necessidade de implantação de planos de gerenciamento, reforçando o papel de análise técnica no direcionamento de soluções (Silva, Mineo & Souza, 2019).

A participação da comunidade nas áreas afetadas é igualmente relevante. Quando bem informada, a população pode adotar práticas mais conscientes, apoiar medidas corretivas e cobrar políticas mais eficazes. Experiências institucionais, como a da Embrapa Amazônia Ocidental, demonstram que a construção de manuais e a capacitação contínua fortalecem a responsabilidade coletiva e a efetividade da gestão de resíduos (Majolo, Souza & Harada 2023). Seu impacto está não apenas na redução de danos ambientais, mas também na promoção da saúde coletiva e na melhoria da qualidade de vida, abrindo espaço para uma transformação duradoura e para a construção de um futuro mais equilibrado e sustentável (Almeida et al., 2012; Penatti, 2009; Majolo, Souza & Harada 2023).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo promover conhecimentos básicos de forma simulada com o intuito de aproximar à realidade a necessidade do cuidado do solo e meio ambiente por meio de resultados clínicos e práticos sobre os danos ambientais e à saúde que o descuido pode acarretar à comunidade, alinhando-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3 - Saúde e Bem estar e também ao ODS 11 - Cidades e Comunidade Sustentáveis (ONU, 2015).

## CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

O projeto das disciplinas Análise Ambiental e Perícia Criminal foi realizado no Centro Universitário Integrado Campus, localizado na cidade de Campo Mourão, Paraná, Brasil. A instituição opera com uma rede de grupo educacional próprio, onde atua há mais de 30 anos desde a educação básica até o ensino superior.

O projeto foi implementado com os alunos do curso de Biomedicina com intuito de introduzir sobre a funcionalidade do manuseio e coletas de amostras, juntamente com a conscientização sobre a importância de cuidados ao solo e para a prevenção da saúde. Dessa forma, o projeto contribui para o conhecimento sobre solos e saúde.

Apesar da relevância do solo como recurso essencial para a produção de alimentos, manutenção de ecossistemas e preservação da saúde humana, grande parte da população não compreende os riscos associados à contaminação e ao manejo inadequado desse recurso. A falta de conhecimento sobre os impactos ambientais e sanitários decorrentes de práticas inadequadas como descarte incorreto de resíduos, uso excessivo de agrotóxicos e ausência de cuidados com áreas de preservação contribui para a degradação do solo, afetando diretamente a qualidade da água, biodiversidade e a saúde das comunidades.

Essa lacuna de percepção e conscientização resulta em um problema persistente, que exige ações educativas e práticas de prevenção para minimizar os danos ambientais e evitar doenças relacionadas à contaminação do solo.

## MÉTODO

A atividade ocorreu em um ambiente preparado para simular uma cena de crime. Inicialmente, realizou-se uma busca visual em toda a área para identificação de possíveis vestígios relacionados ao delito. Os materiais encontrados, como manchas de sangue em solo, fragmentos de ossos, tamanco com sangue, olho falso e papelão com sangue, tiveram seus locais isolados com fita perimetral, garantindo a preservação dos vestígios. Em seguida, todos os itens foram registrados e coletados corretamente, anotando nome, data e horário de cada evidência para posterior análise em laboratório.

Na etapa laboratorial, utilizou-se a amostra de solo da cena simulada para análises microbiológicas. O solo foi diluído em água peptonada a 0,1% e submetido a diluições seriadas de 1 a 3, utilizando três tubos para cada diluição. As amostras foram inoculadas em tubos de ensaio contendo tubos de Durham e meios específicos: Caldo Lauril Sulfato Tryptose (LST), empregado apenas para teste e aprendizado de manipulação, Caldo Verde Brilhante (VB), utilizado para análise contagem de coliformes totais e Caldo Escherichia coli (EC), destinado à detecção de contaminação fecal. Para a quantificação de *Escherichia coli*, também foi utilizada uma tabela de Número Mais Provável (NMP). Além dessas análises, foram preparadas nove placas de Petri com Ágar PCA, correspondentes às nove diluições, para a contagem de bactérias heterotróficas pelo método de pour plate, visando resultados entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC).

A mesma amostra foi utilizada posteriormente em análises físico-químicas ambientais. O solo foi seco ao ar, peneirado (2 mm) e homogeneizado. Em seguida, aproximadamente 2,5 g foram pesados e submetidos ao método de Walkley-Black modificado, no qual a matéria orgânica é oxidada utilizando dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) em meio ácido com ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). Após a reação, procedeu-se à titulação da solução para determinação do pH e do teor de carbono orgânico presente no solo.

Além disso, foi determinada a condutividade elétrica (CE) do solo, parâmetro fundamental para avaliar a salinidade e a concentração de íons dissolvidos na solução do solo. Para essa análise, uma parte do solo seco foi suspensa em água destilada na proporção padronizada, sendo a mistura homogenizada e posteriormente filtrada. A condutividade da solução obtida foi medida com auxílio de um condutivímetro, permitindo a interpretação dos resultados com base em faixas de referência utilizadas para diagnóstico de possíveis contaminações por sais ou resíduos químicos.

Para concluir o aprendizado e aplicação à comunidade, foi desenvolvido um panfleto educativo ressaltando a importância de cuidar e preservar o solo. Nele, foram apresentadas orientações simples para evitar contaminações e promover um ambiente mais saudável, incentivando a conscientização e a responsabilidade coletiva com o meio ambiente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste em Caldo Verde Brilhante apresentou formação de gás nos tubos de Durham em todas as diluições (Figura 1), indicando a presença de coliformes termotolerantes, grupo microbiológico associado à contaminação recente por matéria orgânica ou resíduos de origem fecal. Esse resultado demonstra que o solo analisado apresentava carga microbiana significativa capaz de fermentar lactose em temperatura elevada (44–45 °C), característica típica desses microrganismos indicadores.

Com ambos valores expressos, ao consultar a tabela NMP (Blodgett, 2003), o valor 3-3-3 corresponde a  $>1100$  NMP/g, ou seja, a quantia expressa é maior que 1.100 microrganismos por grama em todas as três diluições, indicando que ambas as análises de contagem de coliformes totais, possuíam uma presença elevada de microrganismos, apontando que o solo coletado havia alta contaminação. Em estudos de solos realizados por Ishii et al. (2006), foi demonstrado que *Escherichia coli* pode sobreviver e até crescer em solos não esterilizados de regiões temperadas, mesmo sem uma fonte fecal recente. Isso ocorre porque populações de *E. coli* podem se naturalizar no ambiente, utilizando nutrientes disponíveis no solo. Assim, a elevada presença microbiana encontrada nas amostras analisadas neste estudo pode estar relacionada tanto à contaminação fecal quanto à capacidade de sobrevivência e persistência desses microrganismos em solos naturais.

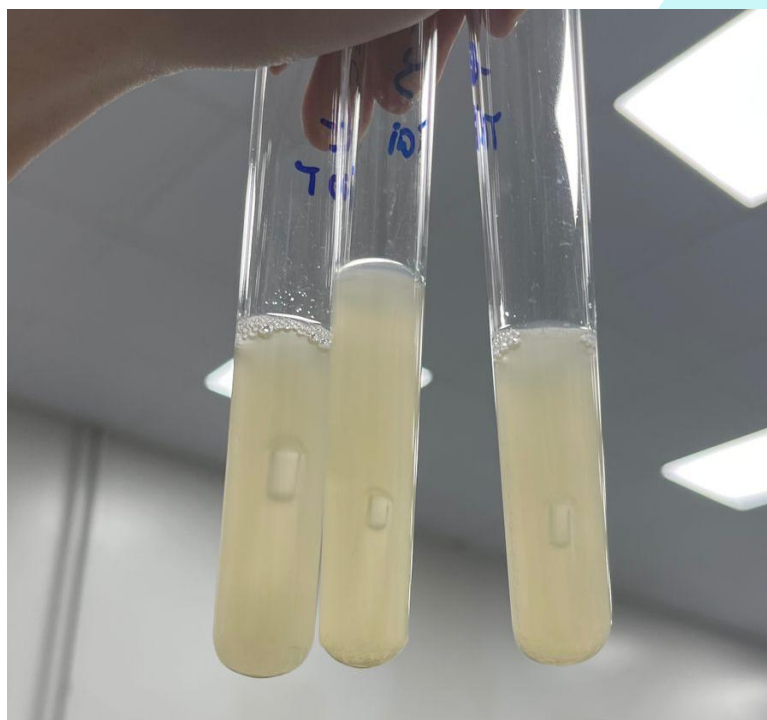


Figura 1 — Teste microbiológico de inoculação do solo em caldo proveniente de diluição seriada. Na figura é indicado presença de bolhas, apresentando que o solo coletado havia contaminação por *Escherichia coli*.

Fonte: Autoria própria.

Os resultados obtidos pelo método de pour plate, utilizando Ágar PCA para estimar o número de unidades formadoras de colônias (UFC), revelaram contagens dentro da faixa de 30–300 UFC na diluição -5, correspondendo a  $1 \times 10^5$  UFC/g. A partir desse valor, estima-se que as amostras apresentavam entre 4.000.000 e 5.000.000 de unidades viáveis, indicando uma alta carga microbiana. Estudos científicos reforçam esse cenário. Su et al. (2004) demonstraram que solos contaminados podem apresentar populações viáveis de *E. coli* entre  $10^2$  e  $10^4$  UFC/g, enquanto as bactérias totais viáveis podem alcançar valores ainda maiores, na ordem de  $10^5$  a  $10^6$  UFC/g. De modo semelhante, Montealegre et al. (2018) evidenciaram que microrganismos presentes no solo possuem grande capacidade de sobrevivência em condições ambientais adversas, além de potencial resistência a antibióticos. Assim, o valor de  $1 \times 10^5$  UFC/g encontrado na análise ultrapassa amplamente o limite considerado aceitável no roteiro da aula prática, que estabelece como adequados para solos não contaminados valores entre  $10^2$  e  $10^3$  UFC/g. Esses resultados apontam para forte contaminação microbiológica, compatível com solos impactados por matéria orgânica em decomposição, resíduos ou esgoto.

Em laboratório, os dados obtidos no ensaio físico-químico indicaram que o solo apresentou pH de 9,26 na suspensão solo-água e 8,91 na solução de KCl 1 mol  $L^{-1}$ . A diferença entre essas medidas resultou em  $\Delta pH = 0,35$ , indicando predominância de cargas negativas nos colóides do solo, o que se associa a uma maior capacidade de troca catiônica (CTC). Um solo é considerado alcalino quando apresenta valores elevados de pH, condição que afeta negativamente a

disponibilidade de micronutrientes como ferro, manganês e zinco, cuja solubilidade diminui em ambientes com pH alto (Rengel, 2014).

A condutividade elétrica (CE) da suspensão solo-água 1:2,5 foi estimada em 0,38 dS m<sup>-1</sup> com base nas características físico-químicas observadas, valor que indica que o solo não apresenta salinidade. Segundo critérios estabelecidos por Pereira (1983) e ainda adotados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), um solo é classificado como salino quando apresenta CE superior a 4,0 dS m<sup>-1</sup> no extrato de saturação, sendo esse o limite adotado para identificar solos afetados por sais. Dessa forma, o valor obtido confirma que, embora o solo seja alcalino, não há acúmulo significativo de sais solúveis capaz de caracterizá-lo como salino.

A quantificação do carbono orgânico foi realizada com base na expressão  $\%C = ((V_a - V_b) \times N \times 0,003 \times 100) / m$ . Substituindo os valores experimentais ( $V_a = 166$ ,  $V_b = 35$ ,  $N = 0,02$  e  $m = 2,5$  g), obteve-se:  $\%C = ((166 - 35) \times 0,02 \times 0,003 \times 100) / 2,5 = 0,314\%$ . Assim, o teor de carbono orgânico no solo é de 0,314%, valor considerado baixo para solos minerais.

Para estimar a matéria orgânica total do solo, utilizou-se o fator de conversão  $\%M.O = \%C \times 1,724$ , resultando em 0,541% de matéria orgânica. O artigo “Effects of soil pH and texture on soil carbon and nitrogen in soil profiles” de Zhou et al. (2019) evidencia uma relação inversa entre o pH e os teores de carbono e matéria orgânica, demonstrando que camadas mais ricas em matéria orgânica geralmente apresentam pH mais baixo. Assim, o resultado encontrado é coerente com o comportamento reportado na literatura.

De acordo com a tabela de referência para solos minerais (Tabela 1), o valor de 0,541% classifica-se como “muito baixo”. Esse reduzido teor de matéria orgânica implica limitações importantes para a qualidade do solo, incluindo menor capacidade de retenção hídrica, redução na ciclagem de nutrientes, menor estabilidade de agregados e diminuição da atividade microbiana, afetando diretamente a fertilidade e o funcionamento do ecossistema edáfico.

Condutividade (µS/cm)	Classificação
< 100	Muito baixa (solo pobre ou natural)
100 – 300	Normal para solos agrícolas
300 – 700	Limitrofe (possível presença de resíduos)
> 700	Alta salinidade / possível contaminação

Tabela 1 — Tabela utilizada de referência para a determinação do teor do solo mineral.

Fonte: Acervo da disciplina (material fornecido pela docente).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo mostraram uma presença significativa de microrganismos no solo analisado, com altos níveis de contaminação por *Escherichia coli*, o que indica que a qualidade ambiental do local foi afetada. As análises físico-químicas corroboraram essa situação, exibindo um pH alcalino e um baixo teor de matéria orgânica, elementos que comprometem a fertilidade e o equilíbrio biológico do solo. Esses resultados destacam a relevância de aumentar a conscientização sobre a destinação correta dos resíduos e a gestão sustentável do meio ambiente. A atividade prática possibilitou a combinação do saber técnico e científico com a reflexão social, incentivando o engajamento nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 3 e 11 (ONU, 2015). Portanto, é possível concluir que a educação ambiental e o monitoramento laboratorial são instrumentos fundamentais para minimizar os danos ao meio ambiente e fomentar comunidades mais saudáveis e sustentáveis.

**AGRADECIMENTOS:** Não se aplica.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. M. V. B. et al. **Gerenciamento de resíduos laboratoriais: estudo de caso em instituições de ensino e pesquisa**. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa, 2012. Relatório/Monografia.

BLODGETT, R. B. **Bacteriological Analytical Manual**. 8. ed. Washington, DC: Food and Drug Administration, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ISHII, S. et al. Presence and growth of naturalized *Escherichia coli* in temperate soils from Lake Superior watersheds. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 72, n. 1, p. 612–621, 2006. DOI: 10.1128/AEM.72.1.612-621.2006.

MAJOLO, C.; SOUZA, M. G. de; HARADA, P. K. **Manual de gerenciamento dos resíduos de laboratório da Embrapa Amazônia Ocidental**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2023. 62 p.

MILHOME, M. A. L. et al. Diagnóstico 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, 2018. DOI: 10.21577/1984-6835.20180007.

MONTEALEGRE, M. C. et al. Risk factors for detection, survival, and growth of antibiotic-resistant and pathogenic *Escherichia coli* in household soils in rural Bangladesh. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 84, n. 24, e01978-18, 2018. DOI: 10.1128/AEM.01978-18.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3: assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades**. Nações Unidas Brasil, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis**. Nações Unidas Brasil, 2015.

PENATTI, F. E. **Gerenciamento de resíduos como instrumento de gestão ambiental em laboratórios de análises e pesquisa da área química**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2009.

PEREIRA, J. R. Solos salinos e sódicos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15.; SIMPÓSIO SOBRE ACIDEZ E CALAGEM NO BRASIL, 1983, Campinas. **Anais**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 127-143.

RENGEL, Z. Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 15, 2014. DOI: 10.4067/S0718-95162015005000036.

SILVA, A. C. B.; MINEO, M. F.; SOUSA, J. S. de. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: estudo de caso no Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campus Uberaba. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 16, n. 8, p. 44–52, 2019. DOI: 10.22292/mas.v16i8.873.

SU, J. et al. Soil microbial counts and identification of culturable bacteria in an extremely arid zone. **Folia Microbiologica (Praha)**, v. 49, n. 4, p. 423–429, 2004. DOI: 10.1007/BF02931604.

ZHOU, W. et al. Effects of soil pH and texture on soil carbon and nitrogen in soil profiles under different land uses in Mun River Basin, Northeast Thailand. **PeerJ**, v. 7, e7880, 2019. DOI: 10.7717/peerj.7880.