

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO E ARTES
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO

Avaliação da microbiota do solo em áreas de restauração ecológica
(Campus Urbanova UNIVAP)

GABRIEL BECKERT SUZUKI

São José dos Campos, 2025

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO E ARTES

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Avaliação da microbiota do solo em áreas de restauração ecológica

GABRIEL BECKERT SUZUKI

Relatório Final apresentado como parte das exigências da disciplina Trabalho de Graduação à Banca Examinadora da Faculdade de Educação e Artes da Universidade do Vale do Paraíba.

Orientador: Prof.^a. Dr.^a Maria Regina de Aquino Silva

Co-Orientador: Prof. Dr. Breno Pupin

São José dos Campos/SP

2025



Universidade do Vale do Paraíba
Faculdade de Educação e Artes

Curso de Ciências Biológicas
Da Faculdade de Educação e Artes

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Título: Avaliação da microbiota do solo em áreas de restauração ecológica
(Campus Urbanova UNIVAP)

Aluno: Gabriel Bekcert Suzuki

Orientador: Prof.^a Dr.^a Maria Regina de Aquino Silva

Banca Examinadora:

Msc. Daniel Caratti
Prof.^a Dr.^a Cristina Pacheco Soares

Nota do Trabalho: 8,5

São José dos Campos - SP
2025



Resumo

A restauração de áreas mineradas exige o restabelecimento das funções ecológicas do solo, incluindo atributos físicos, químicos e biológicos. Este trabalho apresenta resultados de um estudo realizado no Campus Urbanova da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), em três áreas com diferentes manejos de recuperação. Foram coletadas amostras de solo em duas profundidades (0–10 cm e 10–20 cm), submetidas à secagem, peneiramento e análise nutricional com kits colorimétricos (PoliKit Solo® e CardKit®). Os teores de cálcio, magnésio, fósforo, nitrogênio mineral, matéria orgânica e pH variaram entre os sítios e entre as camadas, refletindo os distintos históricos de uso e práticas de recuperação. A avaliação da microbiota através da cultura em meio de Bunt e Rovira revelou diferenças entre os manejos aplicados na área, evidenciando a importância de um manejo adequado.

Palavras-chave: Solos degradados, Análise físico-química do solo, Áreas impactadas por mineração, Microbioma do solo.

Abstract

The restoration of mined areas requires the reestablishment of the soil's ecological functions, including physical, chemical, and biological attributes. This case presents results of a study conducted at the Urbanova Campus of the University of Vale do Paraíba (UNIVAP), in three areas with different recovery managements. Soil samples were collected at two depths (0–10 cm and 10–20 cm), submitted to drying, sieving, and nutritional analysis using colorimetric kits (PoliKit Solo® and CardKit®). The levels of calcium, magnesium, phosphorus, mineral nitrogen, organic matter, and pH varied among the sites and between the layers, reflecting the distinct history of use and recovery practices. The assessment of the microbiota through culture on Bunt and Rovira medium revealed differences between the managements applied in the area, highlighting the importance of adequate management.

Keywords: Degraded soils, Soil physicochemical analysis, Mining-impacted areas, Soil microbiome.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação visual dos objetivos.....	3
Figura 2: Vista geral do ambiente de estudo onde encontram-se indicados os pontos de coleta.....	12
Figura 3: Metodologia utilizada.....	13
Figura 4: Resultados obtidos.....	17
Figura 5: Vista geral das placas com os resultados	17
Figura 6: Resultado das análises estatísticas para o teste F de ANOVA e para o teste de Tukey.....	21
Figura 7: Placa classificada como “TNTC”	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição do meio de Bunt e Rovira (1955).....	14
Tabela 2: Resultado da caracterização nutricional nas diferentes áreas e profundidades estudadas.....	16
Tabela 3: Resultados das contagens bacterianas por área e por profundidade.....	19

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Revisão de literatura	2
3	Materiais e métodos	10
4	Resultados	14
5	Discussão	21
6	Discussão	27
	Referências Bibliográficas	28

1. INTRODUÇÃO

A funcionalidade dos ecossistemas é fundamental para a sustentabilidade da vida. Portanto, em áreas em que a atividade humana causa impactos, há a necessidade de serem ecologicamente restauradas, em seus serviços ecossistêmicos, visando que sejam sanados os passivos ali deixados. Para essa recuperação, há diversos manejos que podem ser adotados.

Áreas com diferentes características, históricos de ocupação e condições ecológicas necessitam de diferentes manejos. Se o manejo escolhido não for compatível com as características da área degradada, não obterá sucesso em restaurar a função ecológica, podendo prejudicar o plano de recuperação. Assim, é necessário avaliar um conjunto de variáveis e de características para se selecionar o manejo a ser adotado.

Outro fator importante na recuperação da função ecológica é a capacidade de um meio de ciclar os nutrientes essenciais para a vida. Um importante agente na ciclagem nutricional é a microbiota do solo. Ela é responsável pela degradação da matéria orgânica e pela introdução de matéria inorgânica nos níveis tróficos.

Na área da antiga Fazenda do Poço, atual Campus Urbanova da Universidade do Vale do Paraíba (Univap), a área na qual ocorria a extração de areia encontra-se em recuperação ecológica, recebendo diferentes manejos. O presente trabalho objetiva, através da avaliação da microbiota do solo, compreender os efeitos de cada manejo sobre o passivo ambiental deixado, comparando-o com uma área de mata nativa.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficácia das ações de manejo adotadas na área da antiga Fazenda do Poço em termos da avaliação da microbiota.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

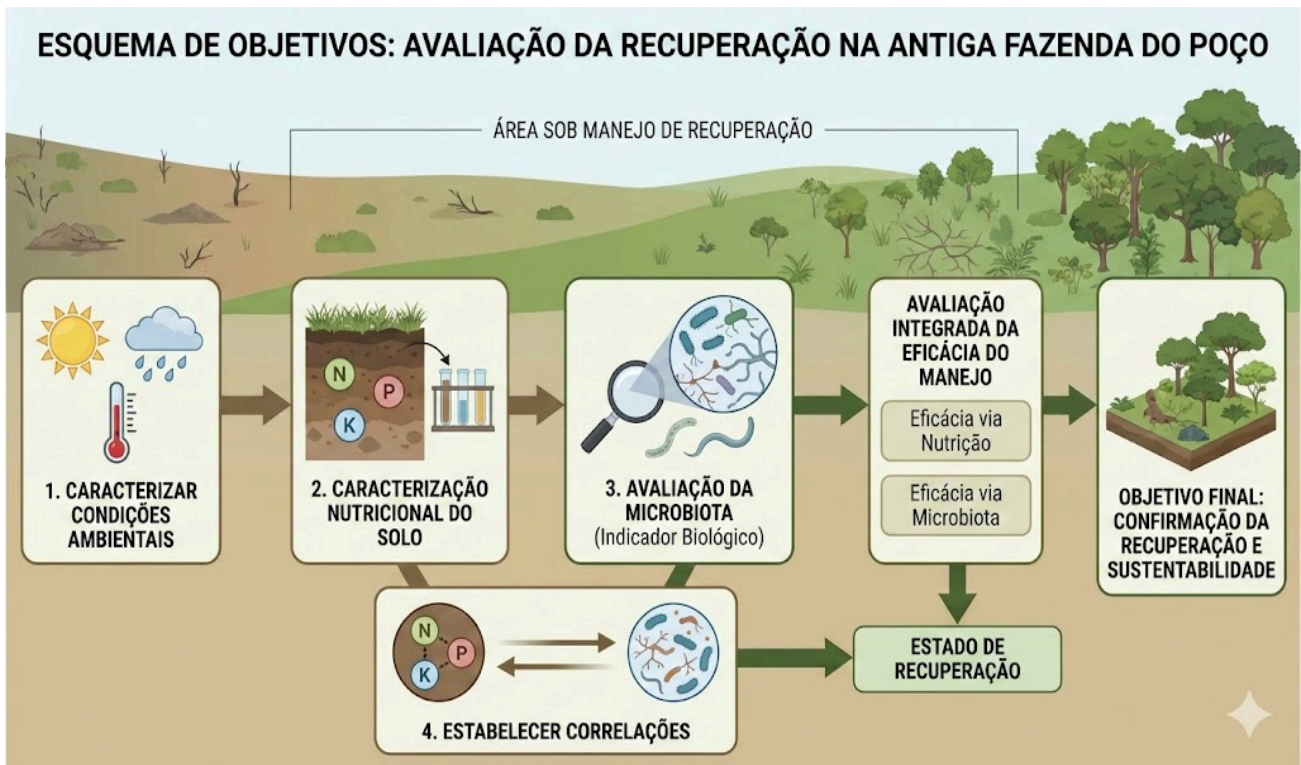
Verificar a Eficácia do Manejo de Recuperação por meio da caracterização nutricional do solo

Caracterizar as Condições Ambientais;

Avaliar o estado de recuperação considerando a microbiota do solo como indicador biológico;

Estabelecer correlações entre a fertilidade do solo e a composição da microbiota

Figura 1: Representação visual dos objetivos.



Fonte: O autor, 2025.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Vale do Paraíba e Desenvolvimento Econômico

O Vale do Paraíba possui um histórico econômico marcado pela intensa supressão de suas formações vegetais nativas, principalmente a Mata Atlântica (D'ORAZIO & CATHARINO, 2013). Os primeiros ciclos econômicos, entre os séculos XVI e XVIII, envolveram a extração de pau-brasil e o cultivo de cana-de-açúcar. No entanto, foi o ciclo do café, durante o século XIX e as primeiras décadas do século XX, que desempenhou um papel crucial na devastação, com a Mata Atlântica sendo totalmente derrubada e queimada para o plantio (DEVIDE, 2014). A prática da monocultura, associada à topografia acidentada da região, resultou na exaustão e esgotamento do solo, levando ao abandono das terras após a perda de fertilidade (DEVIDE, 2014). O declínio do café deu lugar à pecuária leiteira, que ocupou as

terras esgotadas, contribuindo para a fragmentação dos trechos florestados e acentuando os processos erosivos graves em toda a região (DEVIDE, 2014).

A partir da década de 1920, o Vale do Paraíba vivenciou um processo de industrialização, consolidado após a inauguração da Rodovia Presidente Dutra (BR-116) nos anos 1950, que facilitou o transporte e o crescimento urbano desordenado. O desenvolvimento industrial na região é historicamente visto como uma extensão do parque fabril da Grande São Paulo. Este crescimento industrial e urbano, especialmente ao longo do eixo da Via Dutra, gerou um alto custo ambiental, incluindo o aterro de áreas inundáveis (várzeas), a descarga de efluentes no Rio Paraíba e a degradação dos solos. Em São José dos Campos, por exemplo, o planejamento territorial chegou a priorizar o setor econômico, classificando mais da metade do município (65%) como zona industrial pela Lei de Zoneamento nº 1.606/71 (REANI, 2016).

Outra atividade altamente contribuinte para a degradação, especialmente sobre a vegetação de várzea, foi a extração de areia, impulsionada pela expansão urbana na Grande São Paulo e pelo esgotamento das jazidas locais. Essa mineração alterou profundamente a paisagem, resultando na remoção da camada superficial do solo (topsoil), no empobrecimento do solo, na compactação e na formação de inúmeras lagoas (cavas) devido ao afloramento do lençol freático (SANTO, 2000; REIS *et al.*, 2006).

Mais recentemente, o padrão de uso da terra também foi alterado pelo avanço da eucaliptocultura sobre pastagens degradadas, visando o fornecimento de matéria-prima para indústrias. Embora essa silvicultura possa contribuir para a recuperação de matas nativas no entorno e a fixação de carbono (RONQUIM, 2016; SILVA, 2016), a expansão da monocultura é apontada como um fator de risco ambiental, comparada a um "deserto verde" (LIMA, 1992).

2.2. A extração de areia e degradação ambiental

A extração de areia na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul deu-se com o abastecimento da construção civil, especialmente após a expansão urbana da Região Metropolitana de São Paulo na década de 1940 e o esgotamento das jazidas próximas à capital. Com a inauguração da Rodovia Presidente Dutra (BR-116), a região do Vale do Paraíba se consolidou como um polo de exploração de areia, chegando a representar aproximadamente 10% da produção nacional (VALVERDE, 2001; BECKER, 2018; SILVA, 2016). Essa atividade mineral, realizada por dragagem ou pela abertura de cavas nas várzeas, gera degradação no meio físico, causando a supressão de vegetação, alteração drástica da paisagem e perturbação total do ecossistema (SILVA, 2016; DIAS, 1981). Os impactos são severos sobre a vegetação de várzea e a vegetação ripária (D'ORAZIO & CATHARINO, 2013).

O processo de mineração provoca alterações significativas nos atributos do solo, sendo um dos problemas mais graves a remoção da Camada Superficial do Solo (CSS), ou topsoil, que é a porção mais fértil e biologicamente ativa, comumente removida durante a abertura das cavas (SILVA, 2016). A perda dessa camada, que tipicamente possui 20 a 30 cm de profundidade, acarreta a esterilização da superfície do terreno, expondo os solos remanescentes ao processo de erosão (SILVA, 2016). O solo degradado pela extração de areia é frequentemente classificado como altamente ácido, sendo pobre em bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e apresentando deficiências nutricionais significativas, como teores muito baixos de Fósforo (P) (SILVA, 2016). Adicionalmente, a compactação do solo é um impacto físico persistente, cuja resistência à penetração pode ser classificada como deficiente (Ambiente Restritivo), com valores superiores a 2,0 megapascal (mPa), o que dificulta o desenvolvimento radicular das plantas (SILVA, 2016).

2.2.1. Solo e serviços ecossistêmicos

O solo, enquanto elemento de geodiversidade, é uma plataforma física fundamental para o suporte e produção indireta de Serviços Ecossistêmicos, especialmente através do fornecimento de nutrientes provenientes de minerais e água que sustentam a vida (FOX, 2020; FERRER, 2021). A qualidade do solo é, portanto, de grande importância, sendo categorizada, em termos de serviços ecossistêmicos, como de Suporte (processos do solo e solo para cultivo, desenvolvimento do perfil de solo) e de Regulação (processos terrestres de controle da erosão) (GRAY, 2020; FERRER, 2021).

A análise química do solo é fundamental para conhecer a dinâmica de nutrientes e avaliar o estado da fertilidade do solo em função do manejo adotado e do tempo de implantação do sistema (PAVINATO e ROSOLEM, 2008; RODRIGUES, 1998). Indicadores químicos essenciais revelam as necessidades nutricionais das plantas, como N, P, K, Ca e Mg, além de indicadores de comportamento do solo como a matéria orgânica e o pH (GOMES, 2008). Em solos tropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica do solo é o principal componente que regula a recuperação de solos e é responsável por uma grande proporção da Capacidade de Troca de Cátions (CTC) total (RAIJ, 1969; CERRI, 1986).

A construção da fertilidade em solos tropicais pobres baseia-se no aumento do armazenamento de matéria orgânica do solo e na melhoria de sua qualidade, o que melhora as propriedades físicas e biológicas do solo (CERRI, 1986). Estratégias como a calagem e adubações corretivas com macro e micronutrientes são necessárias para adequar solos pobres em nutrientes e com acidez elevada (RESENDE, 2006). O manejo sustentável da matéria orgânica do solo é crucial para a manutenção da capacidade produtiva do solo a longo prazo, especialmente em regiões tropicais e subtropicais.

2.2.2. Ciclagem dos nutrientes no solo

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, essenciais para a manutenção da vida no planeta, envolve a absorção de minerais pelas plantas e a subsequente transferência desses elementos da fitomassa de volta ao ambiente (ANDRADE, 1997). Os principais mecanismos responsáveis por esse retorno são a decomposição da biomassa morta e a lavagem da vegetação pela chuva, que inclui galhos e troncos caídos, serapilheira e raízes mortas (SANCHEZ, 2010; ANDRADE, 1997). A camada orgânica formada pela serapilheira é considerada o principal agente responsável pela ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tropicais, onde a maior parte da matéria orgânica está contida na vegetação (HAAG, 1985; ANDRADE, 1997; FASSBENDER, 1993).

A serapilheira é caracterizada como todo material orgânico acumulado sobre o solo que, ao decompor-se, promove o ciclo de nutrientes, que são reaproveitados pelas plantas mesmo em solos pobres (NETA e NISHIWAKI, 2018). O folhedo é o compartimento que fornece a maior quantidade de biomassa para a serapilheira e é a via mais rápida de retorno de nutrientes ao solo. No entanto, qualquer intervenção na dinâmica desse ciclo pode modificar a sincronia entre a disponibilidade de nutrientes (oriundos da decomposição) e a demanda nutricional das plantas, podendo gerar uma maior perda de nutrientes do solo (MYERS, 2000).

O conhecimento da ciclagem de nutrientes é de grande importância para a conservação, recuperação ou produção sustentável de florestas nativas ou implantadas, auxiliando no manejo adequado do solo e da fitomassa (ANDRADE, 1997). A eficiência na utilização de nutrientes pelas florestas é definida como a quantidade de matéria orgânica perdida ou estocada permanentemente nas plantas por unidade de nutriente perdido ou estocado. Em geral, em ecossistemas com ciclagem de nutrientes equilibrada, as perdas de elementos são pequenas, sendo a manutenção desses sistemas garantida pela ciclagem interna (VITOUSEK, 1982).

2.2.2.1. A microbiologia do solo

A microbiota do solo é essencial para o funcionamento dos ecossistemas terrestres, pois atua diretamente na decomposição da serapilheira, um processo de transformação química e fragmentação física dos resíduos orgânicos depositados na superfície (AQUINO *et al.*, 2017; BALD *et al.*, 2024; MONTEIRO & GAMA-RODRIGUES, 2004; GARCEZ, 2025). Essa decomposição é essencial para a ciclagem de nutrientes, convertendo a matéria orgânica complexa em formas inorgânicas, como nitrogênio, fósforo e potássio, que são assimiláveis pelas plantas, processo conhecido como mineralização (FAO, 2024; MELO, 2007; BUENO, 2024). Os fungos, em particular, são considerados os agentes degradadores primários da serapilheira, sendo mais eficazes na penetração e decomposição de materiais lignocelulósicos complexos do que as bactérias (PRADO, 2014; SARAIVA, 2013; DE ALVA, 2005).

Durante a decomposição, a biomassa microbiana do solo atua como um reservatório temporário de nutrientes essenciais, o que minimiza perdas por lixiviação e garante sua liberação gradual para o solo (ANDREOLA & FERNANDES, 2007; BROOKES, 1995; SERRÃO *et al.*, 2006). A biomassa microbiana do solo, em conjunto com a macrofauna, estabelece a base das redes tróficas do solo, transferindo a energia derivada da matéria orgânica decomposta para níveis tróficos superiores (ANDREOTE & CARDOSO, 2016). O fluxo de carbono na teia trófica ocorre quando organismos consomem a matéria orgânica dissolvida, a qual é reintroduzida nas cadeias alimentares através da atividade das bactérias que compõem a base da teia microbiana (THOMAZ, 2000).

A liberação de nutrientes para os níveis tróficos superiores é acelerada pela predação, onde os protozoários consomem bactérias e fungos, promovendo a regeneração e mineralização de nitrogênio e fósforo (JOUWEN, 1989; THOMAZ, 2000). A dinâmica de disponibilização de nutrientes é regulada pela relação

Carbono/Nitrogênio (C/N) da matéria orgânica, sendo que uma alta relação inicialmente resulta na imobilização do nitrogênio inorgânico pela microbiota para a construção de sua biomassa (PAUL & CLARK, 1989; QUEVEDO *et al.*, 2021). Contudo, à medida que o carbono na matéria orgânica diminui, a biomassa microbiana do solo mineraliza o N e P que estavam armazenados, liberando-os para a nutrição das plantas e para as cadeias tróficas subsequentes (SERRÃO *et al.*, 2006; PAUL & CLARK, 1989).

A avaliação da qualidade ambiental de áreas degradadas requer a análise dos atributos biológicos do solo em conjunto com os indicadores físicos e químicos, sendo o estudo do carbono da biomassa microbiana (BMS-C) um excelente parâmetro de suporte na avaliação do processo de recuperação (BARBOSA *et al.*, 2009; AQUINO-SILVA *et al.*, 2011). A Respiração Basal do Solo (RBS) quantifica a atividade microbiana aeróbia através da oxidação da matéria orgânica a CO₂, apresentando uma relação positiva com a biomassa microbiana e o teor de matéria orgânica (ALEF, 1995 *apud* DE ARAÚJO, 2007).

O Quociente Metabólico (qCO₂) é o indicador biológico utilizado para estimar a eficiência de uso de substrato pelos microrganismos do solo, sendo obtido pela razão entre a RBS e a unidade de BMS-C ao longo do tempo. Valores elevados de qCO₂ sugerem que a população microbiana está oxidando o carbono de suas próprias células para manutenção e adaptação, indicando condições adversas ou estressantes do solo (ANDERSON e DOMSCH, 1993; ISLAM e WEIL, 2000;).

2.3. A Fazenda do Poço: aspectos históricos do uso e ocupação

A Fazenda do Poço, localizada na bacia sedimentar do Rio Paraíba do Sul, entre Jacareí e São José dos Campos (SP), integra atualmente o campus Urbanova da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). A área possui um histórico de degradação ambiental significativa resultante da intensa extração de areia que

ocorreu entre as décadas de 1970 e 1990, impulsionada pelo crescimento regional (VALVERDE, 2001; BECKER; VALÉRIO FILHO, 2018).

A atividade mineradora causou severas alterações na paisagem e no solo, resultando na destruição da vegetação, empobrecimento, compactação, remoção da camada superficial do solo, intensificação da erosão e formação de inúmeras lagoas artificiais (cavas de areia) pelo afloramento do lençol freático (SANTO, 2000; REIS; BATISTA; DIAS, 2016).

Em 2003, a Fundação Valeparaibana de Ensino (FVE), mantenedora da UNIVAP, adquiriu a área e assumiu as obrigações legais remanescentes dos antigos empreendimentos (Portos de Areia Bonsucesso, Santa Rita e Quatro Simões). Para reverter o passivo ambiental e restaurar as características fisiográficas desse sistema, a FVE estabeleceu o Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas da Fazenda do Poço (PRAD, Proc. SMA 73.266/98), registrado em conformidade com o Decreto Federal nº 97.632/1989 (BRASIL, 1989).

Paralelamente, o Laboratório de Ciências Ambientais da Univap (LabCam) desenvolve, desde 2003, o projeto acadêmico "Conhecer para Conservar". Este projeto monitora as ações de recuperação ecológica do PRAD, com foco na restauração de ecossistemas terrestres e aquáticos, aplicando conceitos de diversidade de espécies, interação interespecífica e sucessão ecológica (SILVA, 2016).

A avaliação da recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia na Fazenda do Poço concentra-se na análise integrada de indicadores de qualidade do solo (físicos, químicos e biológicos), sendo monitorada por pesquisas desde 2009 (SILVA, 2016; PEREIRA *et al.*, 2019). O monitoramento busca verificar a eficácia das ações de manejo adotadas nos diferentes sítios de estudo: área nativa (controle), área com reflorestamento homogêneo iniciado em 1990, área com plantio direto de

essências florestais e adição de NPK (2005), e área com plantio nativo, NPK e adição de topsoil (solo superficial externo), iniciado em 2007 (SILVA, 2016).

Complementarmente, a inclusão da avaliação da microbiota do solo no escopo do trabalho é justificada pelo papel dos indicadores biológicos na mensuração da estabilidade e funcionalidade ecológica. Em estudos anteriores na mesma área, a área nativa (controle) foi indicado um sistema microbiano mais estável (SILVA, 2016). Portanto, a análise da microbiota se torna essencial para avaliar a resiliência e a reestruturação funcional dos solos submetidos aos diferentes manejos de recuperação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado na Fazenda do Poço, nos domínios territoriais da Universidade do Vale do Paraíba (Campus Urbanova). Para tanto foram selecionados três sítios que foram submetidos a manejos distintos, sendo introduzidas essências florestais nativas conforme orientações da resoluções propostas pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SMA) (SMA 047/03, SMA 08/08 e SMA 32/14), atual SEMIL:

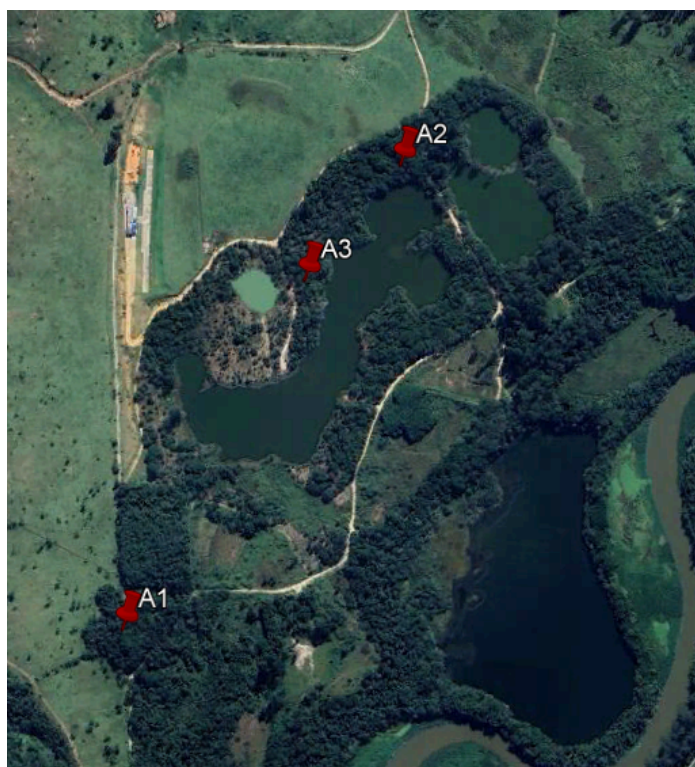
A1 (área-controle): consiste em vegetação nativa preservada;

A2: recebeu aplicação de topsoil (solo superficial externo) e

A3: foi submetida a reflorestamento por plantio direto de essências florestais.

As coletas das amostras de solo ocorreram entre março e maio de 2025, abrangendo duas profundidades (0–10 cm e 10–20 cm), utilizando-se cavadeira tipo tesoura. Cada amostra foi composta pela homogeneização de cinco subamostras aleatórias, sendo acondicionadas e armazenadas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 2: Vista geral do ambiente de estudo onde encontram-se indicados os pontos de coleta



Fonte: Google Earth®, acesso em 04 jun. 2025.

3.2. Caracterização Nutricional do Solo

As amostras de solo foram preparadas por secagem em estufa ventilada a 44 °C por 96 horas, seguida de maceração manual e peneiramento em malha de 0,075 mm (mesh 200). A etapa inicial realizou a caracterização nutricional do solo para interpretar a estrutura e o funcionamento das comunidades microbianas. A avaliação nutricional foi realizada com os kits colorimétricos PoliKit Solo® e CardKit® (Figura 3). Os parâmetros determinados incluíram pH, Matéria Orgânica (MO), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) e Fósforo (P).

Figura 3: Metodologia Utilizada.



Fonte: ALFAKIT, 2025.

3.3. Avaliação da microbiota do solo

Para quantificar a comunidade bacteriana, foi utilizado o meio de cultura de Bunt e Rovira (1955), metodologia reconhecida e fundamental para a contagem do número total de bactérias em solos. Este meio de composição salina demonstra seletividade e é utilizado para isolar e quantificar Unidades Formadoras de Colônias (UFC) viáveis. A utilização do meio de Bunt e Rovira fornece abundância de nutrientes essenciais e extrato de solo autóctone, o que favorece o crescimento de microrganismos adaptados às condições ambientais específicas da área degradada, tornando a comunidade microbiana um bioindicador da recuperação. Quanto à determinação da microbiota relativa aos fungos presentes no solo, utilizou-se o meio de Emerson YpSs (Nutriente Agar de Amido Solúvel e Extrato de Levedura).

A tabela 1 apresenta os reagentes utilizados para o preparo do meio de Bunt e Rovira.

Tabela 1 - Composição do meio de Bunt e Rovira (1955)

REAGENTE	QUANTIDADE
Glicose	5,0 g
K ₂ HPO ₄	0,4 g
(NH ₄) ₂ HPO ₄	0,5 g
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,1023 g
MgCl ₂ .6H ₂ O	0,2133 g
FeCl ₃ .6H ₂ O	0,0170 g
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,1325 g
Peptona	1,0 g
Extrato de levedura	1,0 g
Extrato de solo	250 mL
H ₂ O	750 mL
Ágar	15,0 g
pH	7,4

Fonte: Elaborado pelo autor

O Extrato de solo (250 mL) foi preparado a partir de solo não adubado, suspenso em água, autoclavado a 121 °C por 15 minutos, decantado e filtrado.

Para a inoculação, o processo iniciou-se com a pesagem de 10,0 g de solo e posterior adição de 95 mL de solução de fosfato de sódio a 0,1%, seguida de agitação. As amostras foram diluídas em 50% e 25% e foram transferidas (100 µL da solução inoculante) para as placas de Petri contendo o meio de Bunt e Rovira (1955), utilizando um micropipetador/ponteira estéril.

O inóculo em cada placa foi espalhado sobre a superfície do meio de cultura com o auxílio de uma alça de Drigalski, realizando movimentos em três direções. Após o espalhamento, as placas foram incubadas na posição invertida na estufa a

37°C por 24 horas. Por fim, realizou-se a leitura dos resultados, contando o número de colônias em cada placa, sendo selecionada para cada profundidade a placa mais legível, para, então, determinar a Contagem de Bactérias, em ufc/mL, utilizando a fórmula (Número de Colônias × Inverso da Diluição × Fator de Correção de Volume para mL).

3.4. Análise Estatística

Para avaliar se as diferenças observadas nas contagens de UFCs foram estatisticamente significativas, utilizou-se o procedimento sequencial de duas etapas que parecia a Análise de Variância (ANOVA) com o Teste de Tukey (Diferença Honesta Significativa - HSD).

4. RESULTADOS

4.1. Caracterização nutricional do solo

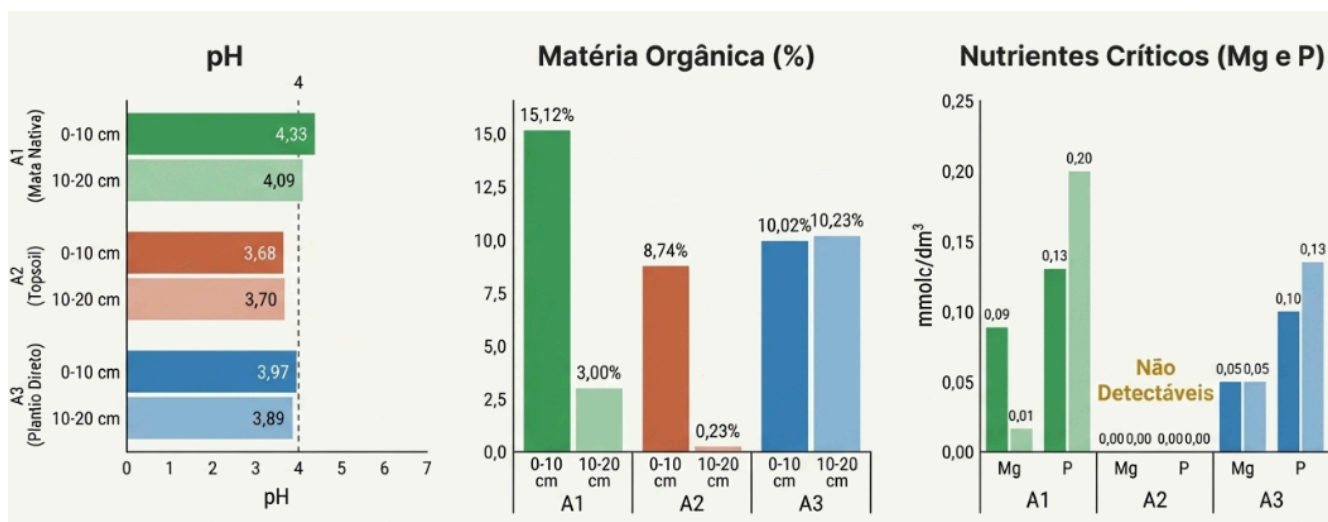
A tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a caracterização nutricional do solo, nos três sítios estudados.

Tabela 2 - Resultado da caracterização nutricional nas diferentes áreas e profundidades estudadas.

Parâmetro	A1		A2		A3	
	PROFUNDIDADE (cm)					
	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20
pH	4,33	4,09	3,68	3,70	3,97	3,89
Ca²⁺ (mmolc/dm ³)	0,06	0,04	0,03	0,05	0,02	0,02
Mg²⁺ (mmolc/dm ³)	0,09	0,01	0,00	0,00	0,05	0,05
PO₄⁻ (mmol/dm ³)	0,13	0,2	0,00	0,00	0,1	0,13
M O (%)	15,12	3,00	8,74	0,23	10,02	10,23

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Figura 4: Resultados obtidos.



Fonte: O autor, 2025.

Assim, pode-se verificar variações significativas nos teores de cálcio, magnésio, fósforo, nitrogênio mineral, matéria orgânica e potencial hidrogeniônico (pH) entre os sítios de estudo e as camadas avaliadas. De maneira geral, a área de Mata Nativa (A1) exibiu os indicadores mais favoráveis, notavelmente em relação ao teor de matéria orgânica.

Em relação ao potencial hidrogeniônico (pH), os valores mensurados em todas as áreas e profundidades indicaram um ambiente de forte acidez, variando entre 3,68 e 4,33. O sítio A1, correspondente à floresta nativa, registrou o valor máximo de pH (4,33) na camada superficial (0–10 cm), sendo seguido pela área A3. Por outro lado, o sítio A2 apresentou os menores valores de pH, com 3,68 na camada de 0–10 cm e 3,70 na camada de 10–20 cm. A interpretação desses resultados (com base em Alvarez *et al.*, 1999) classificou o pH em todas as áreas e profundidades como de "Acidez muito elevada".

Os teores do nutriente cálcio (Ca^{2+}) apresentaram baixa concentração, variando entre 0,02 e 0,06 mmolc/dm³. A distribuição deste nutriente foi relativamente uniforme entre as camadas e áreas, com o valor máximo sendo

observado no sítio A1 (floresta nativa). O menor teor de cálcio foi registrado no sítio A3 (manejo por plantio direto). Em termos de massa, a variação foi de 0,32 a 1,12 mg.kg⁻¹.

O nutriente magnésio (Mg²⁺) demonstrou maior dispersão nos valores. A área A1 (floresta nativa) registrou a maior concentração na camada superficial (0–10 cm), atingindo 0,09 mmolc/dm³. O magnésio não foi detectado na área A2 em ambas as profundidades (0,00 mmolc/dm³), enquanto a área A3 apresentou concentrações reduzidas e idênticas nas duas profundidades (0,05 mmolc/dm³).

Os teores de fosfato (PO₄⁻) variaram de 0,00 a 0,2 mmolc/dm³. A área A2 não apresentou teores detectáveis (0,00 mmolc/dm³). A área A1 registrou níveis mais elevados no estrato superficial. A área A3, por sua vez, destacou-se com os maiores valores de fosfato, variando até 0,2 mmolc/dm³, seguida pela área A1.

A concentração de matéria orgânica (MO) foi mais expressiva no horizonte superficial (0–10 cm) da área A1 (fragmento de mata nativa), atingindo 15,12 %. A área A3 apresentou 10,02 % na superfície, e a A2, 8,74 %. Na camada mais profunda (10–20 cm), a concentração na área A1 sofreu uma redução para 3,00 %. Na área A2, a redução foi drástica, caindo para 0,23 %, enquanto a A3 manteve-se praticamente estável (10,23 %).

A interpretação dos resultados de fertilidade (baseada em Alvarez *et al.*, 1999) classificou os nutrientes cálcio, magnésio e fosfato como de disponibilidade "Muito baixo" em todos os perfis avaliados. A matéria orgânica (MO) na camada superficial (0–10 cm) de todas as áreas (A1, A2, A3) foi classificada como "Baixo". Na camada mais profunda (10–20 cm), a MO foi classificada como "Muito baixo" nas áreas A1 e A2, mas manteve a classificação "Baixo" na área A3.

4.2. Caracterização da microbiota do solo

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos para a quantificação bacteriana nos diferentes sítios e profundidades do solo estudados.

Tabela 3 - Resultados das contagens bacterianas por área e por profundidade

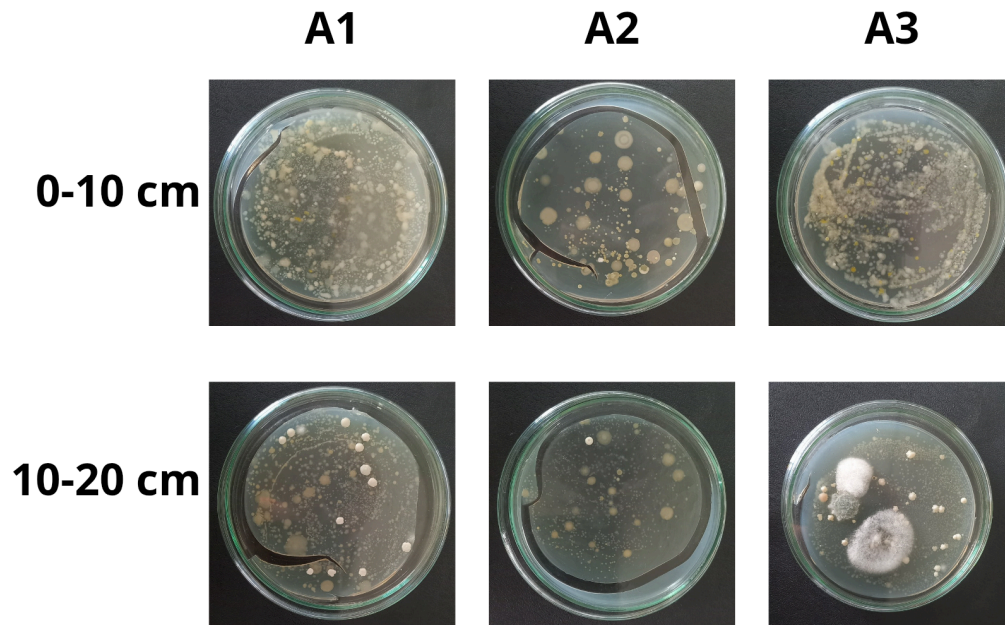
Área	Profundidade (cm)	Diluição Utilizada (%)	Contagem na placa	Contagem total (UFC/mL)
A1	0-10	25%	300	12.000
	10-20	25%	317	12.680
A2	0-10	50%	268	5.360
	10-20	25%	191	7.640
A3	0-10	25%	201	8.040
	10-20	25%	236	9.440

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Ao aplicar a metodologia de contagem nas amostras de solo incubadas no meio de Bunt e Rovira, analisando a concentração mais legível para cada área e profundidade, os resultados brutos da contagem (UFCs/placa) indicam a densidade populacional das bactérias viáveis nas diluições analisadas, sendo corrigidos para UFC/mL, através da multiplicação pelo inverso da diluição e por um fator de 10 para correção da unidade para mL.

A figura 5 apresenta as colônias formadas a partir da inoculação.

Figura 5: Vista geral das placas com os resultados

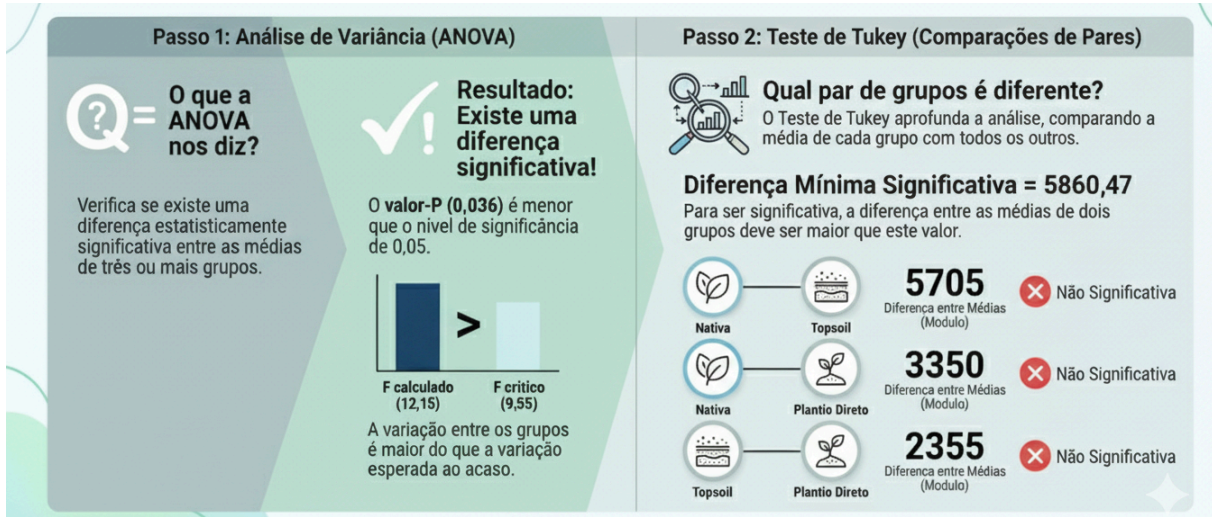


Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Assim, a Área A1 (vegetação nativa) demonstrou consistentemente as maiores densidades populacionais, registrando 12.000 UFC/mL no estrato superficial (0–10 cm) e alcançando o valor máximo de 12.680 UFC/mL na camada de 10–20 cm. Em contraste, a Área A2 (regeneração natural com topsoil) apresentou a menor densidade populacional no horizonte superficial (5.360 UFC/mL), e na subsuperfície registrou 7.640 UFC/mL. Por sua vez, a Área A3 (reflorestamento por plantio direto) demonstrou valores intermediários, com 8.040 UFC/mL na camada superior e 9.440 UFC/mL na camada inferior.

A figura 6 apresenta o resultado das análises estatísticas para o teste f de ANOVA e para o teste de Tukey.

Figura 6: Resultado das análises estatísticas para o teste f de ANOVA e para o teste de Tukey



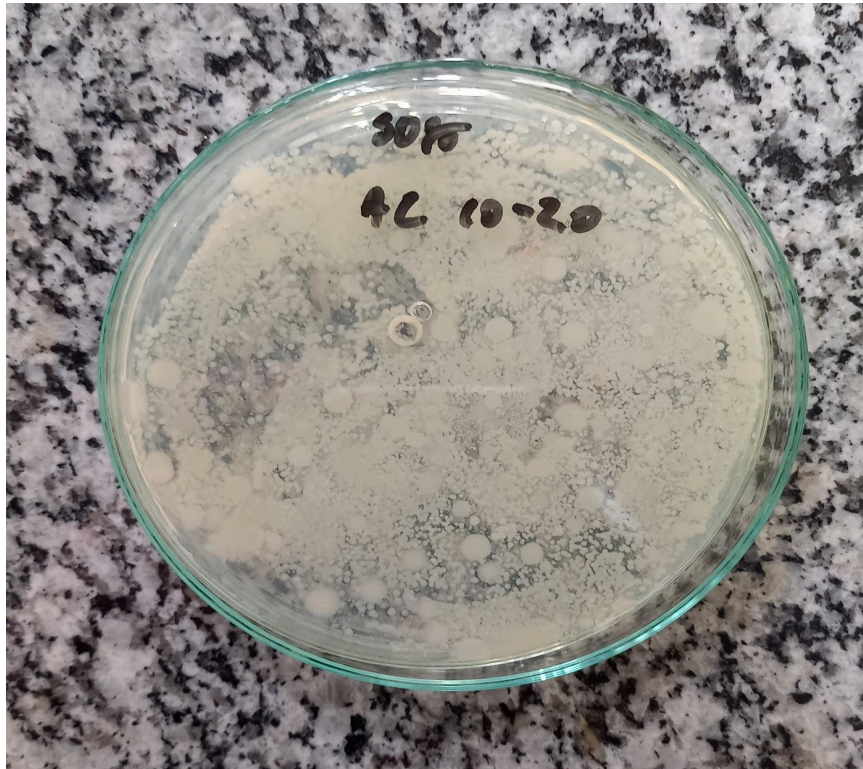
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Assim, na análise dos dados de UFCs, o Teste F da ANOVA revelou-se significativo ($P < 0,05$), resultando na rejeição da H_0 e indicando que existe alguma diferença entre pelo menos dois grupos.

No entanto, o Teste de Tukey, que é o procedimento *post-hoc* preferível para realizar todas as comparações par-a-par, não acusou diferenças significativas entre as médias ao nível de $P = 0,05$. Isso implica que a diferença absoluta entre quaisquer pares de áreas foi inferior à Diferença Mínima Significativa (MSD) calculada por Tukey. Estatisticamente, este resultado indica que todas as áreas (A1, A2 e A3) foram consideradas homogêneas.

Ao aplicar o protocolo de diluição e plaqueamento, utilizando-se o meio de Emerson YpSs, os resultados obtidos foram classificados como "Too Numerous To Count" (TNTC), ou seja, incontáveis (SUTTON, 2011).

Figura 7: Placa classificada como “TNTC”



Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Infere-se que o resultado TNTC (incontável) tenha ocorrido devido a uma possível incompatibilidade entre a metodologia de contagem e o meio de cultura de enriquecimento utilizado. O meio Emerson YpSs é classificado como um meio rico, contendo extrato de levedura e amido solúvel, que fornecem abundância de vitaminas, aminoácidos e fontes de carbono acessíveis. Com um pH ajustado para a neutralidade (cerca de 7,0), este meio é altamente favorável ao crescimento da maioria das bactérias. Em contraste, o meio de Bunt e Rovira é um meio de composição salina, também com pH neutro (7,4), mas adaptado para as condições do solo. A alta disponibilidade de nutrientes no meio Emerson YpSs é um possível fator para um crescimento microbiano excessivo, superando a capacidade do método de contagem em placa de produzir colônias isoladas e distinguíveis.

A invalidação das placas TNTC reside na ruptura do modelo linear estatístico do método de contagem. Em densidades muito elevadas, o fenômeno físico da confluência (*colony merging*) ocorre, onde as colônias adjacentes se fundem em massas amorfas, quebrando o pressuposto de que cada colônia se originou de uma única UFC viável. Além disso, a superpopulação (*overcrowding*) gera inibição biológica, um fenômeno conhecido como "efeito de estagnação" (*staling effect*). Em alta competição por recursos, o esgotamento rápido dos nutrientes e o acúmulo de subprodutos metabólicos tóxicos alteram o microambiente local, inibindo ativamente o crescimento microbiano e levando a uma subestimação da população viável total semeada. Portanto, não foi possível obter uma correta quantificação, para o meio de Emerson YSS. Seria necessário refazer o procedimento utilizando diluições maiores da amostra de solo, de modo que o número de UFCs por placa caísse dentro do limite ideal de 30 a 300.

5. DISCUSSÃO

5.1. Caracterização nutricional e microbiológica do solo

O solo da região estudada é o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA). Latossolos Vermelho-Amarelos são solos minerais profundos, homogêneos e com pouca diferenciação entre horizontes, caracterizados por apresentarem baixa Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e, geralmente, textura média ou mais fina. Apresentam grande profundidade e alta porosidade, o que resulta em boa drenagem. Embora os LVAs de textura média possuam propriedades físicas favoráveis para a agricultura, como boa permeabilidade e moderada retenção de água, é comum que requeiram a correção de suas limitações químicas (SANTOS, 2014).

Assim, a matéria orgânica é um atributo de grande importância para a manutenção da fertilidade nos latossolos, exercendo maior relevância nas camadas superficiais. Em solos de mata nativa, como o Latossolo Vermelho Amarelo, a matéria orgânica (MO) pode atingir concentrações elevadas, o que gera uma alta capacidade de troca catiônica devido ao aumento de cargas negativas (SANTOS, 2014). Além disso, a elevada produção primária em solos de baixa fertilidade como os tropicais é reflexo principalmente da eficiente ciclagem de nutrientes no interior do sistema, onde o processo de decomposição da serapilheira é essencial para a manutenção dos teores de nutrientes no solo.

A Área A1 (vegetação nativa), adotada para o estudo como a área controle, foi a que apresentou fatores mais favoráveis em comparação direta entre as áreas estudadas. A análise comparativa com a literatura referência para caracterização nutricional (ÁLVAREZ *et al.*, 1999) evidenciou que os indicadores obtidos são considerados baixos. Todavia, os níveis encontrados permitem a manutenção de um ecossistema vivo e funcional, corroborando com a estabilidade ecossistêmica descrita na área por Silva (2016), através de seus indicadores favoráveis, como o maior BMS-C e o menor qCO_2 . A maior porcentagem de matéria orgânica encontrada foi na camada superficial desta área, indicando a contribuição da

serapilheira para a nutrição desse solo, o qual apresentou os níveis mais elevados para os nutrientes estudados. Ainda segundo Silva (2016), a textura do solo na área controle é classificada como franco-argilosa-arenosa, apresentando boas características de retenção de água e de permeabilidade, apresentando também, baixa compactação do solo. Ademais, a área apresenta o maior pH dentre as áreas estudadas, indicando um ambiente biologicamente mais favorável e também compatível com o solo presente na região, o latossolo-vermelho-amarelo.

Assim, vê-se que um ecossistema estável apresenta níveis nutricionais mais elevados e a ciclagem de nutrientes fornecida pela serapilheira corroborando para os resultados obtidos para a quantificação da microbiota. Desta forma, nota-se um ambiente favorável ao desenvolvimento, o que é evidenciado pela contagem mais elevada de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) nos 3 sítios estudados.

Comparando as áreas manejadas pelo PRAD com a Área Controle, vê-se que há diferenças tanto nos índices nutricionais, quanto na contagem da microbiota.

A Área A2 (manejada por adição de topsoil) se apresentou como um sumidouro para a microbiota do inóculo representado pela adição de topsoil. As condições físico-químicas ali encontradas não atenderam ao ótimo ambiental para promover um maior número de colônias, estando a população apenas se mantendo, em termos numéricos, fase que se encontra após o estudo de Silva (2016), que descreve o menor BMS-C e o menor qCO_2 na área, indicando que a área se encontrava em fase de transição e em adaptação microbiana. A A2 apresentou o pH mais baixo dentre as áreas analisadas, apresentando também os níveis nutricionais mais baixos, com fósforo e magnésio sendo classificados como não detectáveis. A acidez excessiva do solo não permite a solubilização e disponibilização de tais nutrientes. Combinado a esse fator, foram encontrados níveis significativamente reduzidos de matéria orgânica. Outro fator é que a camada superficial desta área apresenta níveis mais elevados de matéria orgânica quando comparada com a camada mais profunda. No estudo de compactação do solo de Silva (2016), vê-se

que há compactação na camada superior, sugerindo que a matéria orgânica que se deposita sobre o solo não percola para as regiões mais profundas, não alcançando com eficiência os ambientes radiculares. Ademais, a textura do solo é classificada como franco-arenosa, favorecendo a lixiviação dos nutrientes.

Desta forma, não há um ambiente com capacidade suporte para um desenvolvimento significativo da microbiota, o que é corroborado pela baixa contagem de UFCs encontrada, sendo a mais baixa dentre as áreas. Apesar da adição de topsoil ter servido como um inóculo de microbiota externa e uma fonte de matéria orgânica, a baixa disponibilidade nutricional do solo original e o ambiente ácido se apresentaram como fator limitante para o desenvolvimento da microbiota, limitando também a ciclagem de nutrientes e a disponibilização da matéria orgânica. Assim, recomenda-se a análise da cobertura de copa bem como se avalie o aporte de serapilheira, elemento fundamental no fornecimento da matéria orgânica do solo, principal constituinte de seu horizonte O.

A área A3 (manejada por plantio direto), em contraste com a Área A2, apesar de não receber inoculação de microbiota externa, nem receber adição de matéria orgânica em sua composição, apresentou condições melhores para a microbiota. A área apresentou níveis intermediários em suas medidas quando comparada tanto à Área A1 quanto à Área A2. A acidez do solo local, apesar de numericamente próxima da encontrada em A2, é menos intensa, o que é corroborado pelos níveis nutricionais encontrados, apresentando concentrações, ainda que reduzidas, de fosfatos, magnésio e cálcio, em contraste com os níveis não detectáveis de A2.

O solo também apresentou níveis maiores de matéria orgânica, indicando a sua percolação. No entanto, os níveis muito próximos encontrados entre as camadas podem indicar lixiviação, sendo possível que a matéria orgânica percolada seja perdida para camadas ainda mais profundas. A camada superficial de A3 apresenta elevada compactação, no entanto, ainda é possível verificar a presença da matéria orgânica percolando, o que possivelmente ocorre devido à textura

franco-arenosa do solo, e à maior presença de microbiota no solo. A contagem de UFC encontrada demonstra a presença da microbiota, sendo mais elevada que na área com adição de topsoil.

Apesar de a área não receber um inóculo de solo externo como em A2, a área recebeu, em 2005, a adubação por NPK, o que forneceu para a microbiota nutrição suficiente para o seu desenvolvimento e crescimento, permitindo a sua estabilização, o que contribuiu para a ciclagem da matéria orgânica da região.

Tendo em vista a importância e a relevância ecossistêmica da microbiota, avaliar a eficiência de cada manejo de área degradada no desenvolvimento da microbiota é fundamental para entender a regeneração da capacidade de sustentabilidade de cada área. Apesar de o topsoil ser uma estratégia que inocula microbiota já ativa que cicla nutrientes no solo, no presente estudo, as condições do solo para o qual ela foi inoculada não eram compatíveis com o seu desenvolvimento. A elevada acidez encontrada se mostrou um fator limitante, impedindo a nutrição correta dos microrganismos.

Assim, para manejos que considerem a adição de topsoil, é necessário primeiro avaliar as condições físico-químicas do solo a ser fornecido e avaliar o crescimento microbiano em tais condições, pois os fatores limitantes do ambiente podem transformar a área manejada em um sumidouro ecológico devido à baixa qualidade ambiental do fragmento.

5.2. Funcionalidades e Limitações dos métodos de estudo

Para a contagem de UFC no meio de Bunt e Rovira, a ocorrência de uma ANOVA significativa seguida por um Teste de Tukey que não acusou diferenças constitui uma contradição conhecida no campo da pesquisa quantitativa. Esse dilema reside na tensão entre os dois principais tipos de erro estatístico: o Erro Tipo I (falso positivo) e o Erro Tipo II (falso negativo).

O Teste de Tukey é um Procedimento de Comparação Múltipla (MCT) que

possui um caráter mais conservador, sendo desenhado especificamente para controlar o Erro Tipo I (Family-Wise) (a probabilidade de cometer pelo menos um falso positivo em toda a série de comparações) em um nível aceitável, geralmente 5%. Ao falhar em identificar as diferenças que o Teste F global sinalizou, o teste de Tukey pode estar sendo excessivamente cauteloso, o que aumenta o risco de cometer um Erro Tipo II. Nesse contexto, a inferência é que, embora o efeito do tratamento (os diferentes manejos das áreas) possa ter influenciado a variação total (detectado pela ANOVA), o limiar rigoroso estabelecido pelo MSD do Tukey impediu que essas diferenças fossem reconhecidas como significativas. Assim, a homogeneidade estatística sugerida pelo Tukey (UFCs semelhantes) pode ser um falso negativo, ocultando diferenças reais entre a densidade populacional de microrganismos das áreas nativas e as áreas em recuperação.

O meio de Bunt e Rovira, frequentemente citado na literatura como Meio YPS (Extrato de Levedura-Peptona-Solo), foi estabelecido com a publicação do artigo seminal "Microbiological studies of some subantarctic soils" por J.S. Bunt e A.D. Rovira em 1955, no *Journal of Soil Science* (BUNT; ROVIRA, 1955). O propósito original deste meio era a enumeração (contagem) de microrganismos viáveis encontrados em solos subantárticos, caracterizados por serem ambientes oligotróficos e extremos (BUNT; ROVIRA, 1955; WOLLUM, 1982; BIST et al., 2020). Em sua formulação básica, o meio Bunt e Rovira equilibra nutrientes definidos — como glicose (fonte primária de carbono e energia), peptona, e extrato de levedura (fornecendo nitrogênio orgânico e vitaminas) — com o extrato de solo (ROWEL, 2022).

O uso do meio de Bunt e Rovira na cultura microbiológica de solos é devido ao extrato de solo. A inclusão deste extrato fornece os micronutrientes, cofatores e materiais húmicos ou fúlvicos essenciais para o crescimento de organismos que são adaptados a condições oligotróficas e que, de outra forma, seriam "não cultiváveis" em meios de laboratório mais simples (HEINTZ, 1990). No contexto da análise de

solos, o meio pode ser utilizado para a contagem de bactérias totais (NAHAS et al., 2003) ou para a manutenção de culturas quimiorganotróficas (BRISBANE; ROVIRA, 1961).

Uma contagem elevada de UFC é um parâmetro desejável por sinalizar um solo biologicamente ativo (MENDES; REIS JUNIOR, 2004; TÓTOLA; CHAER, 2002). Os componentes biológicos no solo respondem por muitas das funções vitais do ecossistema, e a densidade populacional e a estrutura da comunidade demonstram ser indicadores importantes do grau de conservação do solo (DORAN; PARKIN, 1994).

As funções ecossistêmicas representadas por uma comunidade microbiana abundante, inferida pela alta contagem de UFC, englobam a ciclagem de nutrientes, a estruturação do solo e a decomposição de resíduos (SANTOS; MAIA, 2013; PAZ-FERREIRO; FU, 2016). A organização das comunidades microbianas define os processos bioquímicos prevaletentes no ambiente terrestre (LAMBAIS et al., 2005), e a diversidade biológica, explicada pela riqueza de espécies, está ligada aos processos bioquímicos e tem um papel importante na manutenção da qualidade dos solos (KENNEDY; SMITH, 1995; LAMBAIS et al., 2005). Portanto, a UFC é uma métrica quantitativa que reflete a intensidade da atividade biológica e a capacidade inerente do solo de sustentar suas funções principais (DORAN; PARKIN, 1994; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Os resultados “TNTC” encontrados no cultivo com o meio de Emerson YSS revelam que há diversos microrganismos copiotróficos que estão presentes no solo, mas cujo crescimento é limitado à abundância de nutrientes. No meio de Bunt e Rovira, que simula as condições oligotróficas do solo, o desenvolvimento se deu apenas dos organismos com capacidade de se desenvolver e de ciclar os nutrientes ali disponíveis. No entanto, em um meio com nutrientes mais abundantes, é possível verificar que há mais microrganismos do que os que foram contados no meio Bunt e Rovira. Assim, vê-se que, apesar de a alta contagem de UFCs refletirem um

ambiente favorável, há a possibilidade de ocorrer um falso positivo, a depender do meio escolhido. A simulação oligotrófica trazida pelo meio de Bunt e Rovira reflete o real desenvolvimento da microbiota no solo onde se encontra, enquanto metodologias que apresentam nutrições diferentes da encontrada no solo estudado podem indicar uma abundância que, apesar de existente, não refletirá em funcionalidade ecológica, uma vez que não pode se desenvolver em sua condição original.

6. CONCLUSÃO

Avaliando-se a microbiota da área em recuperação estudada, e correlacionando a sua contagem com os indicadores nutricionais de cada sítio, percebem-se as diferenças entre os manejos adotados. O manejo por adição de topsoil não considerou as características já presentes no solo que recebeu o manejo, o que causou o desenvolvimento mais baixo da microbiota, pois a acidez elevada impediu a nutrição adequada. Por sua vez, o solo manejado pelo plantio direto com adição de NPK forneceu subsídios para o desenvolvimento da microbiota já existente, o que possibilitou um desenvolvimento maior.

Dessa forma, nota-se que manejos devem sempre considerar as características do solo no qual vão ser aplicadas, sendo necessário avaliar as condições físico-químicas e o desenvolvimento biológico nas condições em questão, uma vez que os manejos visam a recuperação da funcionalidade ecossistêmica.

Ademais, os resultados considerados incontáveis em um meio rico em nutrientes revela que, apesar de haver uma abundância grande de microrganismos, ela pode não ser efetiva para o funcionamento do solo, uma vez que, na condição oligotrófica do solo, o desenvolvimento encontra-se limitado.

Portanto, a avaliação da microbiota revela que quanto maior a abundância de nutrientes no solo, maior será seu desenvolvimento. No entanto, locais com baixa

disponibilidade nutricional necessitam de manejos que considerem as condições locais, com destaque para a necessidade de avaliar a microbiota que se desenvolve em condições oligotróficas. Assim, em locais que necessitam de correções e adições químicas a microbiota poderá se desenvolver e suprir a necessidade química da área degradada em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAKIT EQUIPAMENTOS E ANÁLISES AMBIENTAIS LTDA. **Manual Técnico – CardKit®**: testes químicos para análise de solo. Florianópolis: Alfakit, 2023.

ALFAKIT EQUIPAMENTOS E ANÁLISES AMBIENTAIS LTDA. **Manual Técnico – PoliKit Solo®**: testes químicos para análise de solo. Florianópolis: Alfakit, 2014.

ALVAREZ, Victor Hugo V.; RIBEIRO, Antonio Carlos; GUIMARÃES, Paulo Tácito Gontijo (orgs.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

ANDRADE, A. G. de. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. Seropédica: UFRRJ, 1997. 182p. Tese Doutorado.

ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F. **Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental., Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 382-388, 2009.

ANDREOLA, Faustino; FERNANDES, Silvana Aparecida Pavan. **A Microbiota do Solo na Agricultura Orgânica e no Manejo das Culturas**. In: SILVEIRA, Adriana

Parada Dias da; FREITAS, Sueli dos Santos (Eds.). Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. p. 21-38.

ANDREOTE, Fernando D.; CARDOSO, Elke Jurandy Bran Nogueira. **A estrutura do solo e o microbioma**. In: QUEVEDO, Helio Danilo; NISHISAKA, Caroline Sayuri; MENDES, Rodrigo. O microbioma do solo e sua relação com a matéria orgânica. Embrapa, 2016. p. 132-134.

AQUINO, Adriana Maria de *et al.* **A Biota do Solo e Processos Relevantes num Novo Contexto da Agricultura**. In: PADOVEZI, Aurélio (coord.). Plano de Desenvolvimento Florestal Territorial para a porção paulista do Vale do Paraíba. Porto Alegre: Ideograf, 2017. p. 122-156.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Aplicação de fezes compostadas com resíduos orgânicos em plantio de alface: decaimento da bactéria Escherichia coli no solo**. Disponível em: https://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2023/07/RESA-NT_v3n2_63-71.pdf. Acesso em: 13 Nov. 2025.

ATCC. **ATCC Medium: 350 Emerson YpSs Agar Yeast Extract**. Disponível em: <https://www.atcc.org/-/media/product-assets/documents/microbial-media-formulations/3/5/0/atcc-medium-350.pdf?rev=d31d155d380a449c8b75f2d802bfc573>. Acesso em: 08 novembro 2025.

BALD, Daniela R. Q. *et al.* **Microbiota do solo: a diversidade invisível e a sua importância**. REVISÃO E SÍNTESE, [S.I.], 2024.

BECKER, Giorgia Yoshiko Rossignolo Suzumura; VALÉRIO FILHO, Mário. **A exploração de areia na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte e a gestão minerária nos municípios de São José dos Campos e Jacareí–SP**. Revista Univap, São José dos Campos, v. 24, n. 44, p. 111–127, 2018.

BIST, V. *et al.* **Silicon-Solubilizing Media and Its Implication for Characterization of Bacteria to Mitigate Biotic Stress**. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, n. 28, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.00028>. Acesso em: 26 outubro 2024.

BRASIL. **Decreto nº 97.632**, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 11 abr. 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm. Acesso em: 03 jun. 2025.

BRISBANE, P. G.; ROVIRA, A. D. **A comparison of methods for classifying rhizosphere bacteria**. *Journal of General Microbiology*, Cambridge, v. 26, p. 379–385, 1961.

BROOKES, P. C. **The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals**. *Biol Fertil Soils*, v. 19, p. 269–278, 1995.

BUENO, Deyvid. **Microrganismos do solo e a Fertilidade**. *Agrotécnico*, 30 jun. 2024.

BUNT, J. S.; ROVIRA, A. D. **Microbiological studies of some subantarctic soils**. *Journal of Soil Science*, Oxford, v. 6, n. 1, p. 119-128, 1955.

CDC. **Preserving Yeast and Mold Isolates** | Fungal Diseases. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://www.cdc.gov/fungal/hcp/laboratories/preserving-yeast-and-mold-isolates-1.html>. Acesso em: 15 outubro 202.

CERRI, C. C. **Dinâmica da matéria orgânica no agrossistema cana-de-açúcar**. 1986. 197 f. Tese (Livre Docência) – Piracicaba: USP-Esalq, Piracicaba, 1986.

CHANDRAKALA, C. *et al.* **Silicate solubilization and plant growth promoting potential of *Rhizobium* sp. isolated from rice rhizosphere.** *Silicon*, v. 11, p. 2895–2906, 2019.

CHAUDHARY, P. *et al.* **Zinc-Solubilization Potential of Putative Microorganisms Isolated from Tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] Rhizosphere.** *Research Journal of Microbiology*, v. 17, n. 1, p. 1–13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3923/rjm.2022.1.13>. Acesso em: 15 maio 2024.

CHERUBIN, M. R. *et al.*,. **Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 2, p. 615-625, 2015.

CRUZ, J. A. *et al.* **Identification and profiling of silicate-solubilizing bacteria for plant growth-promoting traits and rhizosphere competence.** *Rhizosphere*, v. 23, n. 100566, 2022.

CZEUM. **Media Recipes - Collection of Zoosporic Eufungi at University of Michigan (CZEUM).** [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://czeum.herb.lsa.umich.edu/media-recipes/>. Acesso em: 24 maio 2024.

DE ALVA, Felipe D’Orazio. **Biodegradação de celulose e lignina por fungos: uma breve revisão.** *SITIENTIBUS SÉRIE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS*, v. 9, p. 34-40, 2005.

DEVIDE, Antonio Carlos Pries; CASTRO, Cristina Maria de; RIBEIRO, Raul de Lucena Duarte; ABOUD, Antônio Carlos de Souza; PEREIRA, Marcos Gervásio; RUMJANEK, Norma Gouvêa. **História Ambiental do Vale do Paraíba do Sul, Brasil.** *Revista Biociências*, [S. l.], v. 20, n. 1, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unitau.br/biociencias/article/view/1867>. Acesso em: 14 nov. 2025.

DIAS A. C. **Reabilitação de áreas mineradas de bauxita.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 12., 1981, Guarapari. Anais... Guarapari: Federação das Associações de Engenheiros Agrônomos do Brasil, 1981. 11 p.

DIGITAL PRESS AT COLLIER LIBRARY. Lab 3: **Enumeration and CFU/ml Calculation.** Digital Press at Collier Library, [S. l.: s. n., s. d.]. Disponível em: <https://una.pressbooks.pub/bi302-lab/chapter/lab-3-enumeration-and-cfu-ml-calculation/>.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: SSSA, 1994, p. 3-21.

D'ORAZIO, Felipe de Alva Escuredo; CATHARINO, Eduardo Luís Martins. **Estrutura e florística de dois fragmentos de florestas aluviais no Vale do rio Paraíba do Sul, SP, Brasil.** Hoehnea, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 487-504, Set. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062013000300015>.

EUROPEAN PHARMACEUTICAL REVIEW. **The limitations of the colony-forming unit in microbiology.** European Pharmaceutical Review, 6 jan. 2016. Disponível em: <https://www.europeanpharmaceuticalreview.com/article/37416/the-limitations-of-the-colony-forming-unit-in-microbiology/>.

FAO. **Microrganismos do solo:** essenciais para produção agrícola. CropLife, 2024.

FASSBENDER, H.W. **Modelos edafológicos de sistemas agroforestales.** 2.ed. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1993. 491p.

FDA. **Bacteriological Analytical Manual (BAM) Chapter 3 Aerobic Plate Count.** Disponível em: <https://www.fda.gov/media/178943/download>. Acesso em: 29 jul. 2024.

FERRER, Luciana Maria. **Serviços ecossistêmicos e a geodiversidade no encerramento de ciclo de mineração de areia: várzea do Rio Paraíba do Sul, porção paulista.** São José dos Campos: INPE, 2021. xxii + 105 p.

FOX, H. *et al.* **The Geodiversity of the South Downs National Park: Geo-conservation for ecosystem service delivery.** *Geoheritage*, v. 12, p. 1-13, 2020.

FREITAS, Ruy Ozório de. **Tectônica e geologia do Vale do Paraíba.** *Engenharia, Rio de Janeiro*, v. 15, n. 3, p. 273–283, 1957.

GARCEZ, Michel. **A microbiota do solo e seu impacto no desenvolvimento das culturas agrícolas.** *Probiótica Agro*, 2025.

GOMES, T.C.A. **Resíduos orgânicos no processo de compostagem e sua influência sobre a recuperação de áreas degradadas com a cultura do milho.** 2008. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

GRAY, Murray. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature.** 2. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013.

GRIFFIN, A. S. *et al.* **Density Dependence and Cooperation: Theory and a Test with Bacteria.** *Evolution*, v. 63, n. 9, p. 2315–2325, set. 2009.

HAAG, H.P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais.** Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144p.

Heitz, E. (1990), **Biodeterioration** 7. D. R. Houghton, R. N. Smith, H. O. W. Eggins (Eds.); Elsevier Applied Science, London and New York, 1988, 839 S., 155 Tab., 140 Abb. *Materials and Corrosion*, 41: 203-203.
<https://doi.org/10.1002/maco.19900410410>

HIMEDIA LABORATORIES. **Emerson Agar M325**. Disponível em: https://exodocientifica.com.br/_technical-data/M325.pdf. Acesso em: 22 outubro 2025.

HIMEDIA LABORATORIES. **Emerson YSS Agar M773**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://www.himedialabs.com/us/m773-emerson-yss-agar.html>. Acesso em: 22 outubro 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**: estação São José dos Campos (83809), série histórica de 1961 a 1994. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: 03 jun. 2025.

JOUWEN, J. C. **Mineralization of nitrogen by protozoan activity in soil**. WUR eDepot, 1989.

KENNEDY, A.C.; SMITH, K.L. **Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils**. *Plant and Soil*, v. 170, n. 1, p. 75-86, 1995.

KÖPPEN, Wladimir. **Das geographische System der Klimate**. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936. v. 1, p. 1–44.

LAMBAIS, M.R.; CURY, J.C.; MALUCHE-BARETTA, C.; BÜLL, R.C. **Diversidade microbiana nos solos: definindo novos paradigmas**. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E.J. (eds.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 4, p. 44-84, 2005.

LIMA, L.E.C. **A Desertificação do Vale**. O Valeparaibano, São José dos Campos, Nº 11.016, 10 de julho de 1992

MADIGAN, Michael T.; MARTINKO, John M.; BENDER, Kelly S.; BUCKLEY, Daniel H.; STAHL, David A. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MARTINI, K. M. *et al.* **Maximum likelihood estimators for colony-forming units**. *mSphere*, [S. l.], v. 9, n. 4, p. e0394623, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11371269/>. Acesso em 06 novembro 2025.

MELO, Wanderley José de. **Uso de Resíduos na Agricultura e Qualidade Ambiental**. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Ed.). *Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental*. Campinas: Instituto Agronômico (IAC), 2007. p. 275-310.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. **Uso de Parâmetros Microbiológicos como Indicadores para Avaliar a Qualidade do Solo e a Sustentabilidade dos Agroecossistemas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. **Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 5, p. 777-785, Out. 2004.

MYERS, N. *et al.* **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. *Nature*, 403: 853-858, 2000.

NAHAS, E.; ARAÚJO, A. E. de.; SILVA, R. de C. **Microrganismos produtores de hidrolases envolvidos nas transformações dos compostos do carbono e do nitrogênio do solo**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 841-848, out. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/HFG4wLxDGJSD9trR896zM6H/>. Acesso em: 15 maio 2024.

NETA; E. F. B.; NISHIWAKI, E. **Variações sazonais na ciclagem de nutrientes em uma floresta da Amazônia central**. *Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, v. 2, n. 5, p. 1747-1759, 2018.

ODUM, Eugene P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1972.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1989. 273 p.

PAVINATO, S. P; ROSOLEM. A. C. **Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, vol. 32, no. 3, Viçosa May/June 2008.

PAZ-FERREIRO, J.; FU, SHENGLEI. **Biological indices for soil quality evaluation: perspectives and limitations**. Land Degradation & Development, v. 27, p. 14-25, 2016

PEREIRA, D. C. *et al.* **Determinação dos atributos mecânicos e caracterização por FTIR do solo da Fazenda do Poço “Jacareí Univap Campus Urbanova”**: uma avaliação integrada da recuperação ambiental. Revista Univap, São José dos Campos, v. 25, n. 47, p. 155-170, dez. 2019.

PRADO, Roseli L. **Atividades degradativas de celulose e de fenóis por fungos isolados de acículas de *Pinus taeda***. Embrapa, 2014.

QUEVEDO, Helio Danilo; NISHISAKA, Caroline Sayuri; MENDES, Rodrigo. **O microbioma do solo e sua relação com a matéria orgânica**. In: **Entendendo a Matéria Orgânica do Solo em Ambientes Tropical e Subtropical**. Brasília: Embrapa, p. 125-144, 2021.

RAIJ, Bento van; ANDRADE, José Carlos de; CANTARELLA, Heitor; QUAGGIO, José Antônio. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001.

RAIJ, B. VAN. **A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos**. Bragantia, v. 28, p. 85-112, 1969.

REANI, R. T. **Planejamento e zoneamento urbano: evolução do uso e ocupação do solo em São José dos Campos-SP**. Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege), V. 12, n. 17, p. 191-218, jan.-jul. 2016.

REIS, Benedito Jorge dos; BATISTA, Getúlio Benedito; DIAS, Antônio José. **Influência das cavas de extração de areia no balanço hídrico do Vale do Paraíba do Sul**. Rem: Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 59, p. 391–396, 2006.

REIS, Benedito Jorge dos; BATISTA, Getúlio Benedito; DIAS, Antônio José. **Recuperação de área degradada pela extração de areia no Vale do Paraíba Paulista**. Taubaté: CETESB, 2016. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br>. Acesso em: 28 abr. 2025.

RESENDE, de V. A. *et al.* **Solos de fertilidade construída em áreas em reabilitação pós-mineração de carvão**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 30, n. 5, p. 921-929, 2006.

RIBEIRO, A. C. **Atributos químicos do solo em gradiente altitudinal em floresta ombrófila densa montana, ES**. 2016. Disponível em: https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/tcc_apeles_costa_ribeiro.pdf. Acesso em 20 novembro. 2025.

RICKLEFS, Robert E. **A economia da natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

RODRIGUES, R.; GANDOLFI, S. **Restauração de florestas tropicais**: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L.; MELLO, J. (Org). Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: Editora da UFV, 1998. p. 203-215.

RONQUIM, C. C. (Coord.). **GeoVale**: análise da distribuição geoespacial e de aspectos ambientais da eucaliptocultura na bacia do Rio Paraíba do Sul. Embrapa Territorial, dez. 2016

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2006.

ROWEL, A. B. **Silicate-solubilizing bacteria as an option for concrete remediation by Austen B. Rowell**, BS. 2022. Tese (Doutorado em Ciências) – Texas Tech University, Austin, 2022.

SANTOS, Ruy D.; LEMOS, Reinaldo C.; SANTOS, Haroldo G.; KER, João Carlos; ANJOS, Lúcia Helena C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. **Bioindicadores de qualidade do solo**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, v. 10, p. 195-223, 2013.

SANTOS, Andressa Ribeiro dos. **Produção, estoque e nutrientes da serapilheira em Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2014.

SANTO, Éder Luiz. **Determinação de indicadores de impactos ambientais cumulativos decorrentes da mineração de areia no Vale do Paraíba através de geoprocessamento**. 2000. 200 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-15072024-134243/pt-br.php>. Acesso em: 05 fev. 2025.

SANCHÉZ, L. E. **Planejamento e gestão do processo de recuperação de áreas degradadas**. 2010. Brasília, DF. In. Recuperação de áreas mineradas / editor

técnico, José Maria Filippini Alba. – 2. Ed. Ver. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, p. 326, 2010.

SARAIVA, L. **Degradação de madeiras por fungos: aspectos biotecnológicos e de biorremediação**. Monografia de Bacharelado, UFMG, 2013.

SARAVANAN, V. S.; SUBRAMONIAM, S. R.; RAJ, S. A. **Assessing in vitro solubilization potential of different zinc solubilizing bacterial (ZSB) isolates**. Brazilian Journal of Microbiology, São Paulo, v. 34, p. 121–125, 2003.

SERRÃO, Bruno de Oliveira *et al.* **Mecanismos ligados a ciclagem de nitrogênio e fósforo em área de pastagem abandonada na Amazônia Oriental**: resultados de um experimento de fertilização. IV Seminário de Iniciação Científica da UFRA e X Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA Amazônia Oriental, 2006.

SILVA, M. A. A. **Avaliação da qualidade ambiental de áreas degradadas em recuperação**: Fazenda do Poço (Jacareí/SP): um estudo de caso. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2016.

SIMMONS, D. R. **Media Recipes — D. Rabern Simmons**, Ph.D. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://www.drrabern.com/media-recipes>. Acesso em: 24 outubro 2025.

SUKUMAR, K.; SWARNABALA, G.; GANGATHARAN, M. **Experimental studies on isolation and characterization of silicate solubilizing *Bacillus tequilensis* SKSSB09**. Journal of Applied Biology and Biotechnology, v. 11, n. 4, p. 135-140, 2023.

SUTTON, S. **Accuracy of plate counts**. 2011. Disponível em: <https://scispace.com/pdf/accuracy-of-plate-counts-4yhzwted97.pdf>. Acesso em: 08 novembro 2025.

THOMAS SCIENTIFIC. **HiMedia Emerson Agar**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: https://www.thomassci.com/Laboratory-Supplies/Microbiological-Media/_/Emerson-Agar. Acesso em: 24 maio 2024.

THOMAZ, S. M. **O papel ecológico das bactérias e teias alimentares microbianas em ecossistemas aquáticos**. Acta Scientiarum, v. 22, n. 2, p. 433-441, 2000.

TM MEDIA. TM 1176 – **EMERSON YSS AGAR**. 2019. Disponível em: <https://www.tmmedia.in/wp-content/uploads/TD/TD-TM-1176.pdf>. Acesso em: 24 maio 2024.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos**. In: Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 195-276.

VALVERDE, Fernando Magalhães. **Agregados para a construção civil**. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Balanço Mineral Brasileiro 2001. Brasília, DF: DNPM, 2001.

VEZZANI F. M.; MIELNICZUK, J. **Uma visão sobre qualidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, p. 743-755, 2009.

VITOUSEK, P.M. **Nutrient cycling and nutrient use efficiency**. American Naturalist, Chicago, v. 119, n. 4, p. 553-572, 1982.

WOLLUM, A. G. **Cultural methods for soil microorganisms**. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: Soil Science Society of America, 1982. p. 781-802.

WPU PRESSBOOKS. **Standard Plate Count – WPUNJ Microbiology Laboratory Manual**. [S. l.: s. n., s. d.]. Disponível em: <https://press.wpunj.edu/microbiologylabmanual/chapter/standard-plate-count/>.

ANEXOS

Documento 02

(Preenchido pelo aluno – no caso de grupo, cada aluno preenche o seu)

Termo de Responsabilidade e Autenticidade do Trabalho

São José dos Campos, 28 de Março de 2025

À Coordenação do TG do curso de Ciências Biológicas

DECLARAÇÃO

Eu, Gabriel Beckert Souza, aluno regularmente matriculado nesta Faculdade, sob o nº 02211069 sirvo-me da presente para DECLARAR, para todos os fins e efeitos de direito, que o Trabalho de Graduação intitulado

Análise da microbiota do solo em áreas de restauração ecológica (Campus Uvaçuva - Univap)

foi elaborado respeitando os princípios da moral e da ética e não violou qualquer direito de propriedade intelectual sob pena de responder civil, criminal, ética e profissionalmente por meus atos.

Atenciosamente,

Gabriel B. Souza