

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NATALIA VERONICA ANDERLONI

**ESTUDO DO USO DE REMINERALIZADOR BASÁLTICO NA DINÂMICA DE
LIXIVIAÇÃO DE SOLO CULTIVADO**

FRANCISCO BELTRÃO

2021

NATALIA VERONICA ANDERLONI

**ESTUDO DO USO DE REMINERALIZADOR BASÁLTICO NA DINÂMICA DE
LIXIVIAÇÃO DE SOLO CULTIVADO**

**Study of the use and basaltic remineralizer in the leaching dynamics of
cultivated soil**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof^a Dr^a Michelle Milanez França

Coorientador(a): Prof^a Dr^a Claudia Eugênia Castro
Bravo.

FRANCISCO BELTRÃO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

NATALIA VERONICA ANDERLONI

**ESTUDO DO USO DE REMINERALIZADOR BASÁLTICO NA DINÂMICA DE
LIXIVIAÇÃO DE SOLO CULTIVADO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 10 de dezembro de 2021

Michelle Milanez França
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Francisco Beltrão

Claudia Eugênia Castro Bravo
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Francisco Beltrão

Jessé Rodrigo Fink
Titulação (Doutorado)
Instituto Federal do Paraná campus Palmas

FRANCISCO BELTRÃO

2021

AGRADECIMENTOS

É tão grande a mistura de sentimentos que está sendo difícil escrever. Foram anos de muita dedicação, desafios, estudos, risadas, amizades, mas também de muito choro, desespero, perdas, enfim, foram tantas coisas, chega ser difícil encontrar palavras para agradecer a todas as pessoas que passaram isso comigo.

Entre na graduação uma menina cheia de sonhos e hoje saio uma profissional com sonhos ainda maiores e eu só tenho a agradecer a tudo e todos por essa transformação.

Amigos, professores, psicólogo, familiares, todos que estiveram ao meu lado em momentos bons e ruins. Confesso que escrever o TCC em 3 meses foi um desafio e tanto, mas apesar do pouco tempo fico muito feliz com o resultado pois, com todo o estresse que a pandemia trouxe, a mudança na minha rotina e a adaptação neste tempo foi realmente muito doloroso.

Por isso, dedico um agradecimento especial ao meu psicólogo Luiz e a Ana Julia por todo o trabalho desenvolvido para cuidar da minha saúde mental. Além disso, agradecer as minhas orientadoras Michelle, Claudia e também a professora Andréia Badaró por ter auxiliado com a autoclave.

Agradecer aos laboratórios de Pato Branco e Palmas por realizar as análises deste trabalho, a UTFPR de Francisco Beltrão por ter fornecido toda a estrutura necessária como, suporte universal, água destilada e laboratório, aos terceirizados e a todos que contribuíram para que este momento tornasse realidade.

E por fim, a todas as pessoas que passaram pela minha vida durante a graduação, de alguma forma todos fazem parte disso.

Quando pragas atacam seus campos, elas vêm
como mensageiras do céu para avisá-lo que seu
solo está doente.
(SABEDORIA DA FILOSOFIA VÉDICA, 1600
a.C).

RESUMO

A produção agrícola sofreu diversas mudanças no decorrer da história, devido ao crescimento populacional e a alta demanda por alimentos. As novas práticas inseridas no setor produtivo priorizam a alta quantidade de produtos sem levar em consideração as limitações dos recursos naturais. Assim, o solo acaba sendo um componente do meio diretamente danificado, com a utilização de maquinários de grande dimensão e peso, fertilizantes químicos e o uso exacerbado de agrotóxicos causadores de mudanças físicas, químicas e biológicas nesses solos. Desta forma, se faz necessário técnicas mais sustentáveis para minimizar o impacto ambiental causado neste recurso de grande importância para a sobrevivência da espécie humana. Uma alternativa de estudo, é a utilização de pó de rochas como remineralizadores. Oriundo de rochas, este componente é definido como resíduo no processo de britagem, rico em nutrientes essenciais para o solo, tem capacidade de liberar lentamente macro e micronutrientes. Assim, a prática da rochagem apresenta-se como uma alternativa viável e sustentável capaz de reduzir os custos provenientes do descarte ambientalmente correto do pó de rocha, além de reduzir a eutrofização em recursos hídricos. O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar o potencial do pó de rocha, a dinâmica de lixiviação dos elementos cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K) e nitrogênio (N) de um solo cultivado, simulando a precipitação média anual do município de Francisco Beltrão, Sudoeste do Paraná.

Palavras-chave: análise microbiológica; alternativa agrícola; pó de rocha; macronutrientes.

ABSTRACT

Agricultural production has undergone several changes throughout history, due to population growth and high demand for food. The new practices inserted in the productive sector prioritize the high quantity of products without taking into account the limitations of natural resources. Thus, the soil ends up being a component of the environment that is directly damaged, with the use of large and heavy machinery, chemical fertilizers and the exacerbated use of pesticides that cause physical, chemical and biological changes in these soils. Thus, more sustainable techniques are needed to minimize the environmental impact caused by this resource of great importance for the survival of the human species. An alternative to study is the use of rock powder as remineralizers. Coming from rocks, this component is defined as waste in the crushing process, rich in essential nutrients for the soil, and capable of slowly releasing macro and micronutrients. Thus, the stonemeal practice presents itself as a viable and sustainable alternative capable of reducing the costs arising from the environmentally correct disposal of rock dust, in addition to reducing the eutrophication of water resources. The main objective of the present work was to evaluate the potential of rock dust, the leaching dynamics of the elements calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg), potassium (K) and nitrogen (N) from a cultivated soil, simulating the average annual precipitation of the municipality of Francisco Beltrão, southwestern Paraná.

Keywords: microbiological analysis; agricultural alternative; rock dust.; macronutrients.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa de solos do Paraná.....	17
Figura 2- Representação da capacidade de troca de cátions (CTC).....	19
Figura 3- Parte inicial do fluxograma.....	26
Figura 4- Parte final do fluxograma.....	26
Figura 5- Localização da área de coleta.....	27
Figura 6 – Mapa de solos do município de Francisco Beltrão.....	28
Figura 7 – Coleta do solo em campo.....	29
Figura 8 – Secagem do solo.....	29
Figura 9 – Secagem do solo.....	30
Figura 10 – Limpeza e sanitização dos canos de PVC.....	31
Figura 11 – Colunas de lixiviação.....	31
Figura 12 – Tampão com o furo para a passagem da água residuária.....	32
Figura 13 – Massa de solo.....	32
Figura 14 – Gotejador de jardim.....	35
Figura 15 – Estrutura utilizada para a realização do ensaio.....	36
Figura 16 – Resultado PCA antes do ensaio de lixiviação.....	42
Figura 17 – Resultado BDA antes do ensaio de lixiviação.....	42
Figura 18 – Resultado PCA depois do ensaio de lixiviação.....	43
Figura 19 – Resultado BDA depois do ensaio de lixiviação.....	43
Figura 20 – Volume de lixiviação das colunas.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação dos poros do solo.....	18
Tabela 2- Elementos químicos e seu teor máximo permitido em remineralizadores.....	23
Tabela 3- Comparação entre a agroecologia e a agricultura convencional.....	25
Tabela 4 – Resultados das análises químicas antes e após o ensaio de lixiviação.....	40
Tabela 5 – Valores baixos, médios e altos para interpretação de análise de solo.....	40
Tabela 6 – Contagem média de bactérias heterotróficas mesofílicas e bolores e leveduras antes e depois do processo de lixiviação.....	41
Tabela 7 – Caracterização do remineralizador basáltico.....	44
Tabela 8 – Resultados das análises da água residuária.....	45
Tabela 9 – Valores de desvio padrão.....	45
Tabela 10 – Resultados da análise ANOVA de fator único.....	46
Tabela 11 – Resultado do Teste-t entre controle e o E_1	46
Tabela 12 – Resultado do Teste-t entre controle e o E_2	47
Tabela 13 – Resultado do Teste-t entre controle e o E_3	47
Tabela 14 – Resultado do Teste-t entre E_1 e o E_2	47
Tabela 15 – Resultado do Teste-t entre E_1 e o E_3	48
Tabela 16 – Resultado do Teste-t entre E_2 e o E_3	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT NBR	Normas Brasileiras
ANDA	Associação Nacional para Difusão de Adubos
APHA	American public health association
BDA	Ágar Batata Dextrose
Cfa	Subtropical úmido mesotérmico
CTC	Capacidade de troca de cátion
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
ICM14B	Digestão por água régia
MAPA.	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MINEROPAR	Minerais do Paraná
PCA	Ágar Padrão para Contagem
TFSA	Terra fina seca ao ar
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
XRF79C	Fluorescência de raios-X

LISTA DE SÍMBOLOS

Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
K	Potássio
H	Hidrogênio
Al	Alumínio
Fe	Ferro
Mn	Manganês
Cu	Cobre
Zn	Zinco
Ms	Massa de solo
Cc	Capacidade de campo
A	Área
M	Massa
V_p	Volume precipitado
f_A	Fator de Aceleração
V_A	Volume de Água
Q_A	Vazão
t	Tempo
P	Fósforo
MO	Matéria Orgânica
SB	Soma de bases trocáveis
V	Saturação por base
Sat Al	Saturação por alumínio
Na	Sódio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
2.2	Objetivos Específicos.....	15
3	DESENVOLVIMENTO.....	16
3.1	Revisão Bibliográfica.....	16
3.1.1	Solos.....	16
<u>3.1.1.1</u>	<u>Classificação dos solos.....</u>	<u>17</u>
3.1.2	Porosidade do solo.....	17
3.1.3	Capacidade de troca de Cátions (CTC).....	18
3.1.4	Atividade microbiológica no solo.....	19
3.1.5	Lixiviação de nutrientes.....	20
3.1.6	Rochas Basálticas.....	21
3.1.7	Remineralizador.....	22
3.1.8	Revolução Verde.....	24
3.1.9	Agroecologia.....	25
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1	Fluxograma.....	26
4.2	Caracterização da área experimental.....	27
4.3	Coleta do solo.....	28
4.4	Ensaio de Lixiviação.....	30
4.4.1	Construção das colunas de lixiviação.....	30
4.4.2	Quantidade de massa do solo e capacidade de campo.....	32
4.4.3	Quantidade de remineralizador.....	33
4.4.4	Quantidade de água.....	34
4.4.5	Execução dos ensaios.....	36
5	ANÁLISES LABORATORIAIS.....	37
5.1	Análises imediatas.....	37
5.2	Análises químicas do solo.....	37
5.3	Análises microbiológicas do solo.....	37
5.4	Análise do remineralizador basáltico.....	38
5.5	Análise química da solução lixiviada.....	38
5.6	Delineamento experimental e Análises estatísticas.....	38

6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
6.1	Resultados das análises químicas do solo.....	40
6.2	Resultados das análises microbiológicas do solo.....	41
6.3	Resultados da caracterização do remineralizador basáltico.....	44
6.4	Resultados das análises químicas da água residuária.....	44
6.5	Resultados das análises estatísticas.....	45
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
8	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	50
	REFERENCIAS.....	51
	APÊNDICE A- Laudos.....	61
	APÊNDICE B- Identificação de picos.....	64
	APÊNDICE C- Roteiro da análise microbiológica.....	66
	ANEXO A- Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013.....	71

1 INTRODUÇÃO

Responsável pelo crescimento de plantas, reservatório de carbono e água e como abrigo de uma grande diversidade de organismos, o solo é considerado um material mineral ou orgânico inconsolidado, localizado na região litosférica do planeta (ZONTA et al., 2012; IBGE, 2015).

Devido à grandeza territorial, o Brasil apresenta uma alta variabilidade ambiental, em termos de tipos climáticos e geologia diversificada, sendo composta por grandes variedades de rochas, antigas e modernas e com isso, proporciona ampla quantidade de diferentes tipos de solos (JUNIOR et al., 2020).

Durante a história até os dias atuais, o solo vem sofrendo diversas mudanças devido a interferência humana, seja na composição química, ou até mesmo em sua estrutura física e microbiológica. Ou seja, sua qualidade dependerá diretamente de sua funcionalidade para o benefício humano, tendo forte ligação com as práticas intervencionistas e composição natural (ARAÚJO et al., 2012).

Na década de 1960, a Revolução Verde foi considerada um grande acontecimento para a agricultura, devido a inserção de novas técnicas no mercado de produção. Essa proposta de organização no setor produtivo, utilizou-se das grandes demandas populacionais e a necessidade do aumento produtivo para consolidar-se no mercado, justificando assim, o uso intensivo de maquinários, agrotóxicos e fertilizantes químicos (ANDRADES; GANIMI, 2007).

A utilização contínua de fertilizantes sintéticos no solo, tem causado danos nocivos de degradação como a salinização, acidificação e o empobrecimento na quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas em longa escala de tempo (SILVA et al., 2007). Além disso, a mecanização agrícola é apontada atualmente como um dos principais fatores de poluição e erosão difusa de origem rural, no qual, obtém potencial para comprometer a produtividade do solo (PEQUENO, 2013).

Dados da Embrapa (2018) mostram que, no Brasil as perdas anuais causadas pela erosão chegam a 500 milhões de toneladas e, como consequência, provoca prejuízos à biodiversidade, à saúde humana e à economia do país. Então, ao considerar o solo um recurso de estruturas complexas e de componentes que detém longos períodos de tempo para serem restaurados, a previsão dos impactos negativos através do manejo inadequado de atividades agropecuárias torna-se imprescindível.

Portanto, novas técnicas para avaliação da qualidade do solo estão sendo estudadas (STEFANOSKI et al., 2013).

Um exemplo é a utilização do remineralizador como fertilizante. O uso do pó de rocha tem capacidade de recuperar solos empobrecidos por processos de lixiviação, erosão, acidificação, aplicação de fertilizantes químicos e até mesmo pela exportação contínua de nutrientes pelas colheitas. Com isso, a prática de rochagem é considerada uma alternativa capaz de diminuir o uso de fertilizantes químicos convencionais e auxiliar na recuperação da fertilidade do solo (SOUZA et al., 2011).

Devido à distinta geologia do Brasil, existem diferentes tipos de pós de rochas, sendo necessário avaliar sua composição elementar e seus minerais constituintes. Assim, será possível analisar o potencial para fornecimento de nutrientes e maior ou menor resistência a processos de intemperismo após a adição em solo (RIBEIRO, 2018).

Nesta pesquisa será estudado a utilização do pó oriundo de rochas basálticas pois, a Bacia do Paraná é constituída por mais de 5.000 metros de rochas sedimentares e vulcânicas, além disso, sua base é composta por rochas magmáticas e metamórficas (RETZLAF; STIPP; ARCHELA, 2006).

A região onde a pesquisa foi desenvolvida está localizada no Sudoeste do Paraná onde, de acordo com Silva (2017), a formação geológica é abundante em rochas vulcânicas básicas como, o basalto, diabásio e gabro, no qual, tem como composição química metais, por exemplo o cálcio, potássio e magnésio.

Diante do exposto, o objetivo do estudo foi verificar a partir de um ensaio de bancada o potencial de aplicação e a disponibilidade de nutrientes de um remineralizador oriundo de rocha basáltica, analisar a solução lixiviada do solo e *in vitro* avaliar o crescimento biológico do mesmo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a partir de um ensaio de bancada o potencial de aplicação e a disponibilidade de nutrientes de um remineralizador oriundo de rocha basáltica, analisar a solução lixiviada do solo e *in vitro* verificar o crescimento de bactérias, fungo e leveduras do mesmo.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar as características químicas e microbiológicas do solo antes e após a aplicação do remineralizador;
- Realizar análises de cálcio, fósforo e magnésio da solução lixiviada.
- Propor alternativa para o descarte correto do remineralizador

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Revisão bibliográfica

3.1.1 Solos

Assim como Mercúrio, Vênus e Marte, a Terra é considerada um planeta rochoso, ou seja, sua constituição advém de rochas, material consolidado, resistente e em grande parte formado por minerais silicáticos (TOLEDO, 2014). Como estão expostas à atmosfera, as rochas da litosfera, sofrem diretamente a ação do sol, chuva e o crescimento de organismos, essas interferências possibilitam modificações na composição química e aspectos físicos. Após sofrer determinadas alterações, são chamadas de regolito ou manto de intemperização, onde é formado um revestimento no qual, ocorre o processo de decomposição e, na parte superficial desta camada obtém-se a formação do solo (LEPSCH, 2010).

Após as intempéries agirem sob a rocha, o solo também sofre transformações e reorganizações para a construção de horizontes. A caracterização dos atributos morfológicos do horizonte como espessura, transição, cor, textura, estrutura e consistência, entre outros, proporciona a melhoria na compreensão, classificação e estudos de manejos mais apropriados (PEREIRA et al., 2019). Em um solo bem desenvolvido, o perfil possui quatro horizontes, que são subdivididos e identificados pelas letras O, A, B, C e R. Sendo, O a camada mais superficial do perfil e a letra R designada como rocha- mãe (ALMEIDA, 2005).

Segundo a Embrapa (2018), a utilização de técnicas inapropriadas e conservacionistas são fatores colaborativos para o agravamento da degradação do solo. Além disso, o uso intensivo e inadequado desse recurso pode diminuir a qualidade física, sendo evidente em altos valores de densidade e baixa aeração (SANTOS et al., 2011).

Outro fator responsável por mudanças drásticas do solo, é a substituição de áreas de florestas nativas por pastagens e monocultivo, essas práticas possuem a capacidade de alterar atributos morfológicos, físicos, químicos e biológicos deste recurso (PINTO, 2014).

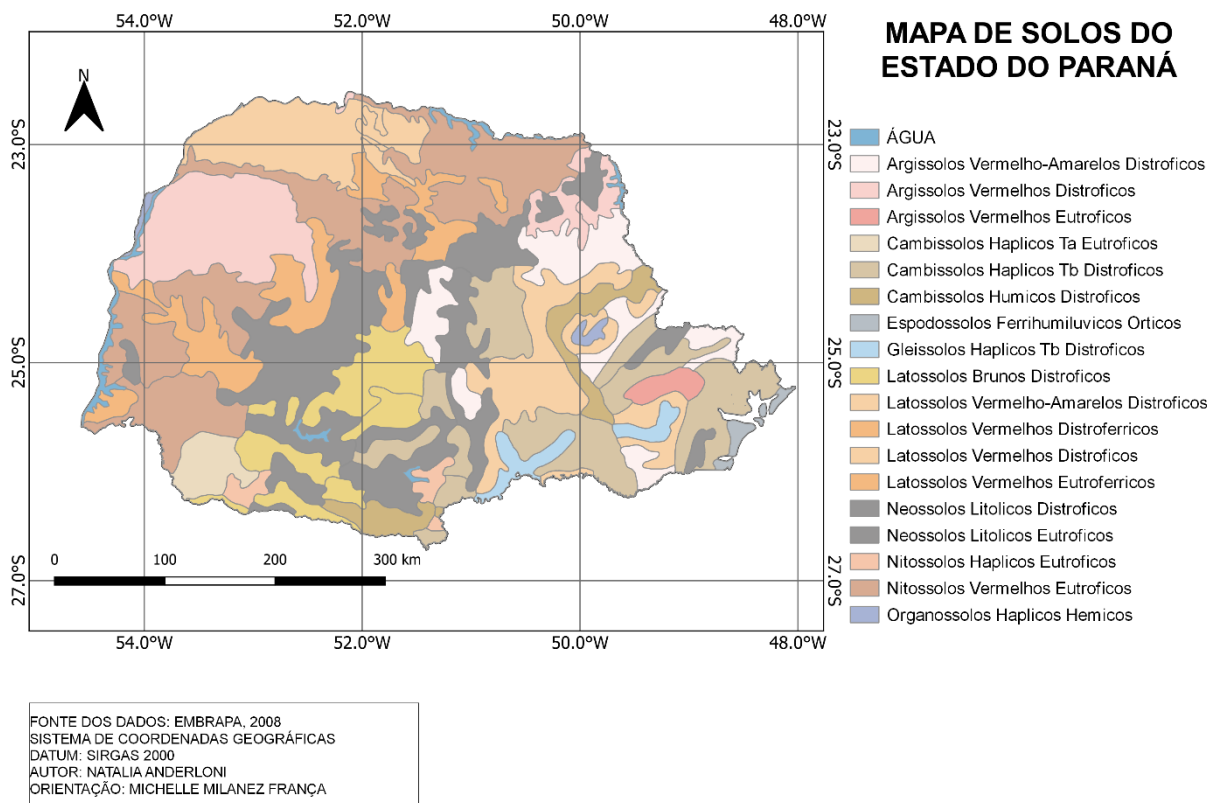
Com isso, é notório que existem diversos fatores com potencial para modificar as características originais do solo, portanto, é primordial o fomento, participação crítica e ativa no desenvolvimento de pesquisas, tanto para a elaboração de técnicas

sustentáveis e menos agressivas para o meio ambiente, quanto para a possibilidade de uma conscientização coletiva, acerca da importância desse recurso natural para as nossas vidas.

3.1.1.1 Classificação dos solos

A classificação de solo é definida como, um conjunto de diagnósticos em um mesmo nível de generalização onde, os solos que satisfazem determinadas condições se encaixam na mesma definição (SANTOS et al., 2018). No Paraná, a maior ocorrência de classes de solos são, Neossolo, Cambissolo, Argissolos, Nitossolos, Latossolos, Espodossolos, Gleissolos e Organossolos (LIMA; LIMA e MELO, 2012) como ilustra a Figura 1

Figura 1 – Mapa de solos do Paraná



Fonte: Autoria própria (2021).

3.1.2 Porosidade do solo

A porosidade é determinada através da taxa e o volume total de água retida pelo solo durante a chuva, possibilitando a diminuição do pico de vazão dos cursos de água (PEDRON et al., 2004). Ao considerar a porosidade total do solo como valor

fixo, uma parte desta pode ser preenchida por água e a outra por ar, sendo assim, no decorrer de chuvas sua maior fração é ocupada pelo líquido e conseqüentemente a menor parcela será ocupada pelo ar (LEÃO, 2002).

A geometria das partículas do solo é determinada pela natureza e quantidade dos poros existentes. Ferreira (2010, p.22) ressalta que: “[...] variam em tamanho, forma, regularidade e tendência à expansão pela água, os poros diferem consideravelmente quanto à forma, comprimento, largura e tortuosidade e principalmente continuidade” logo, as partículas possuem uma heterogeneidade relacionados à fatores físicos.

Diante disso, os poros são classificados em dois grandes grupos: microporos e macroporos, sendo diferenciados pelo tamanho. No Brasil tem se utilizado o diâmetro de 50 μm como limite entre essas classes, como mostra a Tabela 1. Além disso, os microporos são definidos como poros capilares, responsáveis pela retenção de água, já os macroporos são designados poros não capilares, responsáveis pela aeração e drenagem do solo (TEIXEIRA et al., 2017).

Tabela 1 – Classificação dos poros do solo

Classe de poros	Diâmetro equivalente do poro (μm)	h (mca)
Macroporos	> 300	$\leq 0,1$
Mesoporos	300 a 50	0,1 a 0,6
Microporos	50 a 0,2	0,6 a 150
Criptoporos	< 0,2	> 150

Fonte: Extraído de Teixeira et al., (2017).

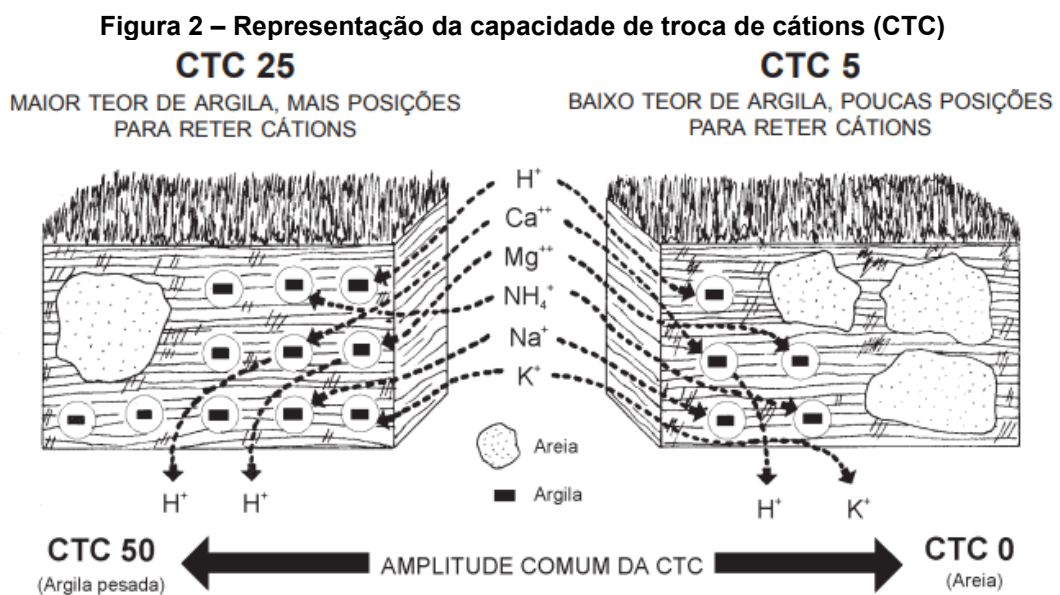
A estruturação dos poros por diferentes tamanhos proporciona um comportamento físico-hídrico. Portanto, a distribuição dos mesmos é fundamental na integração entre as fases sólida, líquida e gasosa determinando os processos que envolvem o movimento da água no solo (RIBEIRO et al., 2007).

Assim, a porosidade tem capacidade para influenciar a capacidade de absorção durante a chuva, aumentando a potencialidade agrícola e preservando características físicas, químicas e biológicas do solo.

3.1.3 Capacidade de troca de Cátions (CTC)

A capacidade de troca de cátions (CTC) do solo detém uma grande importância e pode ser comparada com funções vitais, como a respiração para os seres humanos, animais e a fotossíntese para as plantas (FERREIRA; BOTELHO, 1999).

Existem duas formas de interpretação sobre a CTC, quando o solo está ocupado por cátions como, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , pode ser interpretado como um solo bom para a nutrição de plantas. Entretanto, quando a CTC está preenchida por cátions com potenciais tóxicos como, H^+ e Al^{3+} o solo encontra-se empobrecido, como ilustra a Figura 2. Quando há valores baixos de CTC, significa que o solo tem pequena capacidade de reter cátions de forma trocável, caso essa circunstância venha a ocorrer, deve ser realizado a adubação de forma parcelada para que não haja maiores perdas através da lixiviação (RONQUIM, 2010).



Fonte: Extraído de Manual Internacional de fertilidade do solo (1998).

Portanto, a CTC dos solos é definida pela capacidade de liberação de vários nutrientes, sendo fundamental para a fertilidade o manejo adequado, e em larga escala de tempo para reduzir os efeitos tóxicos causado pelo uso agressivo dos fertilizantes convencionais (LOPES; GUILHERME, 2004 e RONQUIM, 2010).

3.1.4 Atividade microbiana no solo

Durante o século XX, a Microbiologia do Solo obteve grande evolução em relação a descoberta e identificação de diversos organismos benéficos e maléficos para o solo. Entretanto, por se tratar de um ambiente com alta complexidade, heterogeneidade e dinamicidade as atividades microbianas foram deixadas em segundo plano (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Conforme a evolução em estudos sobre a diversidade microbológica, os autores Moreira e Siqueira (2006) descrevem atividades como, a decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, produção de húmus, fixação de nitrogênio atmosférico, decomposição de xenobióticos, controle de pragas, doenças biológicas e a produção de compostos que ajudam a agregação do solo. Além disso, esses indicadores podem ser utilizados para monitoramento, orientação e avaliação das práticas de manejo no solo (FERREIRA; STONE; MARTIN-DIDNOET, 2017).

Ao levar em consideração as características do solo, existem ácidos importantes para a formação de grumos e macroporos, isso se dá a condições favoráveis à sobrevivência de bactérias e fungos que detêm a capacidade de formar ácidos húmicos, tornando a terra fofa, proporcionando altos valores referente a capacidade de troca de cátions (CTC) total, baixos valores de CTC efetiva, facilitando assim a entrada de ar e água no solo (RONQUIM, 2010).

Como o ambiente em que os microrganismos estão inseridos é variável, existem condições ambientais que influenciam a sobrevivência e a atividade microbiana. (EMBRAPA, 2007). Além disso, a população microbiana do solo existe em equilíbrio dinâmico formado pelas interações dos fatores bióticos (genética microbiana, a interação entre os microrganismos, entre outros) e abióticos (atmosfera, temperatura, água, pH, potencial redox, fontes nutricionais, entre outros) que podem ser alterados pelas modificações do ambiente (MATTOS, 2015).

Em condições ideais a microbiota do solo tem capacidade de armazenamento equivalentes a 100 kg/ha de nitrogênio, 70 kg/ha de potássio, 80 kg/ha de fósforo e 11 kg/ha de cálcio, permitindo que esses nutrientes sejam liberados gradualmente para a nutrição das plantas sem que haja perdas por lixiviação (ANDREOLA; FERNANDES, 2007).

Portanto, a integração de fatores bióticos, abióticos, microrganismos, propriedades físicas, químicas e o manejo do solo, proporciona qualidade de vida para a microbiota e plantas

3.1.5 Lixiviação de nutrientes

Lixiviação é o nome dado ao processo de percolação da água no solo. Quando a água é drenada, os elementos químicos com capacidade de diluição, sejam eles nutrientes ou contaminantes, são arrastados em grandes profundidades (SILVA, 2014). O nitrato, por exemplo, é encontrado em solos brasileiros, que durante o

decorrer das chuvas, permite a entrada de uma pequena quantidade desse poluente possibilitando a chegada até o lençol freático (FERNANDES et al., 2016).

Existem alguns atributos químicos que podem ser afetados com a lixiviação como, a capacidade de troca de cátions (CTC) e o pH, além disso, a lixiviação varia conforme os atributos físicos do solo, como textura, estrutura, profundidade do perfil e a porosidade (SANTOS; FAGERIA e ZIMMERMANN, 2002). Os solos de regiões tropicais tendem a possuir maiores propensões de estarem tipicamente submetidos a altas taxas de intemperismo e lixiviação, tendendo a concentrar residualmente os óxidos, oxihidróxidos e hidróxidos de ferro (SILVA et al., 2005).

O volume da água percolado no solo tem sido responsável pela perda de nutrientes. Como por exemplo, o Fe, Mn, Cu e Zn, em contato com os corpos hídricos podem originar passivos ambientais, como a eutrofização (CAIXETA et al., 2015).

Considerada um dos principais problemas ambientais na água, a eutrofização é o resultado do enriquecimento artificial ou natural de nutrientes. A abundância desses elementos na água provoca em determinadas plantas flutuantes o crescimento exacerbado, ocasionando um desequilíbrio ambiental (MACEDO; TAVARES, 2010).

Com isso, alternativas vêm sendo estudadas para diminuir este impacto ambiental, a rochagem por exemplo, é um método baseado na utilização de pó de rocha, com o objetivo de minimizar os problemas causados pelo uso intenso de fertilizantes agrícolas e a diminuição da lixiviação no solo (EDWARD, 2016).

3.1.6 Rochas Basálticas

Rochas ígneas ou magmáticas, são originadas através de depressões vulcânicas, a lava ao atingir a superfície resfria rapidamente e assim, constitui o magma. Responsável pela formação dessas rochas, o magma consiste em uma fusão principalmente silicatada, móvel, de alta temperatura, oriundo no interior do globo terrestre (GODOY, 2005).

O conjunto das rochas ígneas, propiciou a existência de dois tipos de magmas, os ácidos (graníticos), formados pela fusão de rochas pré-existentes de 7 a 15 km de profundidade e os básicos (basálticos), são originados na parte superior do manto, por fusão de rochas básicas e ultrabásicas à uma profundidade de 40 a 100 km (MUGGLER et al., 2005).

Atividades vulcânicas foram reconhecidas no Brasil, há cerca de 130 milhões de anos o país foi alvo de um dos maiores derramamentos de magma, na região sul

houve intensidade superior de magmatismo quando comparado a outras regiões. Além do Brasil países como, Argentina e Uruguai também foram atingidos. Na área da Bacia do Paraná, o vulcanismo cobriu cerca de 1.200.000 km², assim, com o constante derramamento de lava basáltica e o tempo, originou-se as rochas e sucessivamente os solos da região (MUGLLER et al., 2005; WAICHEL, 2006).

Os basaltos da Fácies Cordilheira Alta, apresentam determinadas características físicas no qual, permitem o uso tanto para britas quanto para blocos irregulares. Neste sentido, Wildner et al. (2006) identificaram que, quase todas as redes municipais do Paraná realizam o uso exploratório de cascalho do basalto.

Durante a extração das rochas para formação de blocos, o processo de moagem, tamanho, espessura mínima ou propriedades visuais para determinar o controle de qualidade, resulta grandes volumes de rejeitos de pó de rochas, o que acaba acarretando problemas ambientais devido a necessidade de descarte correto deste resíduo (LIMA; NEVES, 2013).

Atualmente, existem diferentes formas de utilizar o pó de rocha, como por exemplo, a inserção no solo para o enriquecimento mineral e na correção de acidez, o resíduo oriundo do processo anteriormente citado, possui elementos essenciais para que haja o crescimento vegetal (BETOSSI et al., 2012). Assim, esse fertilizante natural é inserido novamente no meio ambiente de forma positiva

3.1.7 Remineralizador

Durante o século XIX o pesquisador Julius Hensel realizou estudos sobre o uso do pó de rocha na agricultura e sua importância em relação ao cultivo de espécies para melhorias na alimentação humana, entretanto, suas produções foram censuradas por questões políticas e na mesma época, o cientista Justus Von Liebig protagonizou o uso dos adubos químicos solúveis sintéticos (REIS, 2015).

A história referente a exploração dos recursos ambientais provindas de atividades antrópicas, protagonizou diversos impactos negativos. As mudanças em grandes proporções, levaram o ser humano a questionar-se sobre suas práticas e as dinâmicas utilizadas para benefício próprio. Assim, com as limitações do meio ambiente, o homem moderno compreende a necessidade de cuidar e preservar o planeta, além disso, identificar o uso indispensável de novas formas para a utilização dos recursos naturais (THEODORO, 2000), a exemplo disso, o uso de remineralizadores oriundo de rochas basálticas.

Leis foram criadas para facilitar o uso deste composto. A Lei N° 12.890, de 10 de dezembro de 2013, Art 3º pressupõe que:

e) Remineralizador, o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo (BRASIL, 2013, Art 3).

Neste seguimento legal, no Brasil a Instrução Normativa N° 5, de 10 de março de 2016 estabelece definições, classificação, especificação, garantias e tolerâncias dos remineralizadores para as plantas destinadas à agricultura.

Na seção 3, as especificações e garantias do produto, os remineralizadores precisam atender diversas especificações máximas para obter garantia, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Elementos químicos e seu teor máximo permitido em remineralizadores

Metais	Teores (ppm)
Arsênio	15
Cádmio	10
Mercurio	0,1
Chumbo	200

Fonte: Extraído MAPA (2016).

Neste contexto, a remineralização é uma prática composta pela aplicação do pó de rocha, com a pretensão de melhorar os atributos edáficos do solo e aumentar a produtividade agrícola (SILVA, 2016). Como requisitos importantes para o uso do remineralizador destacam-se a: (i) produtividade compatível, e (ii) os custos significativamente menores do que os adubos convencionais (THEODORO, 2017).

É possível identificar a compatibilidade entre o uso dos remineralizadores e os três pilares da sustentabilidade. Segundo Theodoro, Leonardo e Almeida (2009), o pilar ambiental é atendido, devido a liberação lenta de nutrientes comparado aos adubos convencionais, não ocasionando, portanto, contaminações no solo e em recursos hídricos. Já o pilar econômico, é contemplado pois a durabilidade dos principais macro e micronutrientes no solo, permanecem por períodos mais longos; por fim, o pilar social, possibilita a geração de empregos e renda para a população local.

3.1.8 Revolução Verde

O desenvolvimento da modernização do setor produtivo no Brasil, iniciou-se na década de 1950, entretanto, apenas em 1960 houve a concretização dos meios de produção mais avançados e, a implantação no setor industrial para a construção e o fornecimento de maquinários para o campo (TEIXEIRA, 2005).

Com o aumento da população nesta época e a urbanização, a produção agrícola implantou novas técnicas a fim de solucionar a demanda nutricional da humanidade, essa medida adotada foi nomeada como “Revolução Verde” (BARBOSA; PAIVA; ADAME, 2016).

Essa revolução ocasionada na década de 1960 estabeleceu novos métodos de produção. A descoberta de máquinas a vapor, a utilização de elementos artificiais e a mecanização da lavoura determinou a transformação no meio rural, assim, substituindo o cultivo diversificado de culturas pela produção de apenas uma, a monocultura (TYBUSCH; ARAUJO, 2013).

No Brasil, houveram diversas estratégias de divulgação a respeito das técnicas mecanizadas, a promessa de modernização do campo, erradicação da fome e o aumento da produção foram ditas como forças para a instalação das máquinas no campo. Assim, características do agronegócio e o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos destinaram-se a ocupar o espaço no mercado de consumo (LAZZARI; SOUZA, 2017).

Entretanto, essa prática agrícola, obtém resultados desfavoráveis para o meio ambiente, sua atividade pode reduzir a biodiversidade, aumentar a degradação e lixiviação do solo, além disso, intensifica o desmatamento e causa maior impacto negativo ambiental (TEIXEIRA, 2004). Atualmente, estudos comprovam que, a aplicação desse modo de produção tem mais consequências negativas do que positivas, especialmente quando é mencionado o prosseguimento da espécie humana (ZIMMERMANN, 2009).

Além disso, a utilização de agrotóxicos de maneira intensiva, ao longo da história ocasionou incidentes como, o episódio do dia 3 de maio de 2013, onde 93 crianças e adultos foram intoxicados por uma pulverização aérea. Essa fatalidade ficou conhecida como “chuva de veneno” (DUNCK, 2016).

Desta maneira, o mecanismo utilizado na agricultura conservacionista implantando sistemas mecanizados visando o curto prazo de produção e favorecendo

os lucros momentâneos, destruíram solos, cursos de águas, clima e consequentemente modificando o futuro da humanidade (PRIMAVESI, 2016).

3.1.9 Agroecologia

O conjunto de problemas causados pelo agronegócio, provocou a instigação de novas alternativas menos nocivas ao solo. Em 1980, com o surgimento da agroecologia, foi apontado um nicho viável em diversos pontos de vista como, econômico, social, cultural e ambiental (BENINCÁ; BONATTI, 2020).

A agroecologia tem como objetivo utilizar técnicas agrícolas de uma maneira que minimize os impactos ambientais a partir da intervenção humana, e ao mesmo tempo aprimorando o cultivo e a eficiência de espécies (SILIPRANDI, 2015) como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação entre a agroecologia e a agricultura convencional

Sintomas	Agricultura Agroecológica	Agricultura Convencional
Aquece e compacta	Solo protegido	Solo limpo
Aquece e compacta, usam irrigação	Plantio adensado, <i>mulch</i> , consorciação	Solo exposto ao sol e chuva
Pragas e doenças	Biodiversidade; rotação, adubação verde	Monocultura
Destruição dos agregados e macroporos, vida do solo fraca	Retorno da matéria orgânica	Queima da matéria orgânica
Solos secos- irrigação	Reflorestamento, quebra-ventos	Desmatamento, ventos e desertificação
Compactação, erosão e abandono dos solos	Uso criterioso de máquinas	Uso indiscriminado de máquinas pesadas

Fonte: Extraído e adaptado de Primavesi (2016).

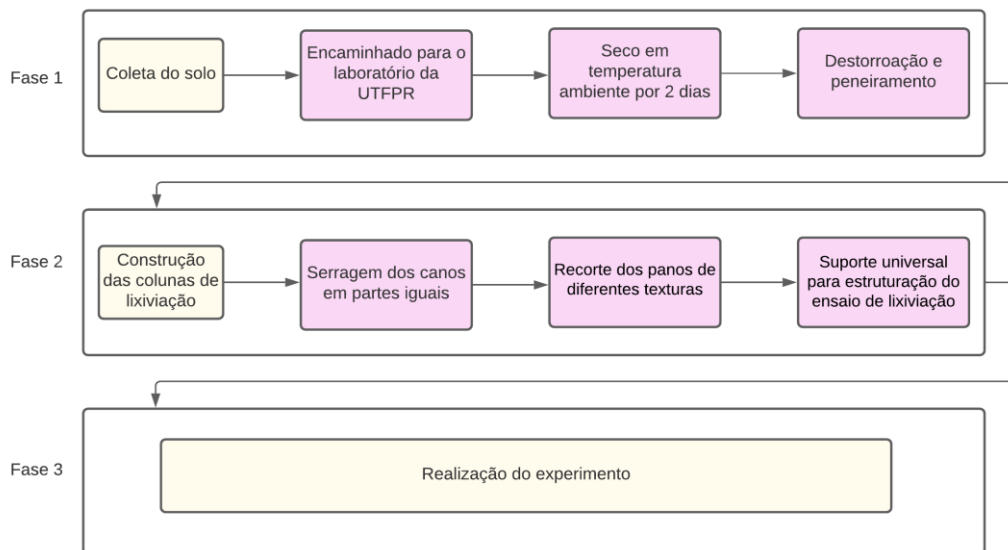
Diferente da agricultura convencional, que baseia seu processo no lucro, utilização de produtos químicos e monocultura, a agricultura agroecológica direciona seu manejo ao meio ambiente, respeitando os limites da natureza, e integrando os princípios agronômicos, ecológicos e socioeconômicos (EMBRAPA, 2006).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Fluxograma

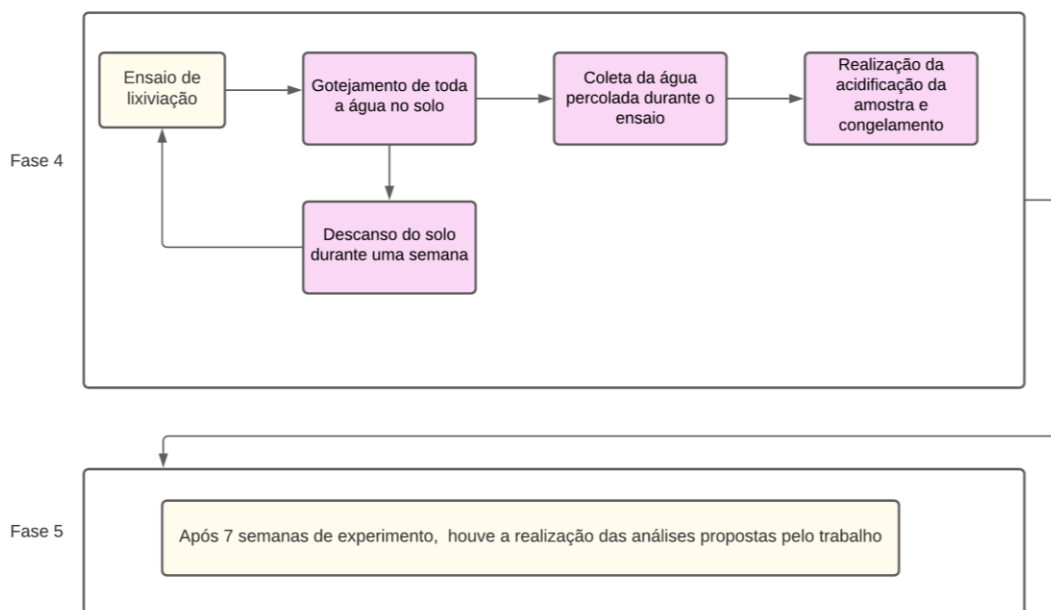
Como forma de melhorar o entendimento da metodologia utilizada para o desenvolvimento do experimento, foi realizado um fluxograma com o início na coleta do solo até as análises como mostram as Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Parte inicial do fluxograma



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 4 – Parte final do fluxograma



Fonte: Autoria própria (2021).

4.2 Caracterização da área experimental

O solo utilizado para o desenvolvimento do trabalho, foi coletado no Sítio Di Fiori, propriedade rural de base familiar que cultiva orgânicos localizada no interior do município de Francisco Beltrão. A propriedade está inserida nas coordenadas 26°02'15.99" S/ 53°08'11.29" O como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Localização da área de coleta



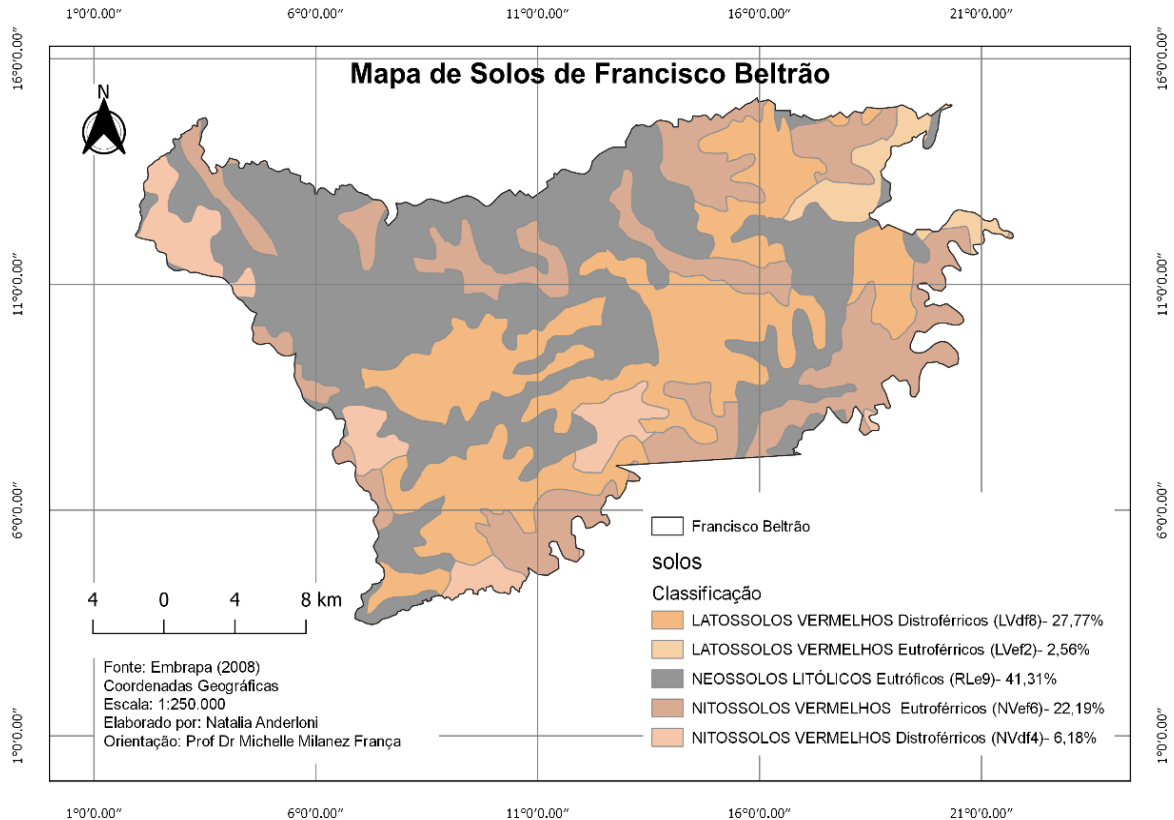
Fonte: Google Earth (2021).

O município tem como características de clima de acordo com Wladimir Koppen, subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com precipitação aproximadamente de 2.000 mm, e a média de temperaturas quentes superior a 22°C e 18°C em meses mais frios (MINEROPAR, 2002).

É constituído basicamente por Latossolos Vermelhos Distroféricos, Latossolos Vermelhos Eutroféricos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Nitossolos Vermelhos Eutroféricos e Nitossolos Vermelhos Distroféricos como mostra a Figura 6, detém alta profundidade, em terrenos íngremes a afloramento de rocha com uma delgada cobertura de solo em formação inicial, logo a grande quantidade de pedras e

denominados solos litólicos e em cabeceiras de drenagem a solos hidromórficos ou gleissolos (MINEROPAR, 2002; EMBRAPA, 2008).

Figura 6 – Mapa de solos do município de Francisco Beltrão



Fonte: Autoria própria (2021).

4.3 Coleta do solo

Para a realização da coleta, com a ajuda de um trado solo foi coletado na profundidade de 0- 20 cm em pontos aleatórios como mostra a Figura 7, armazenado em sacos plásticos etiquetados e encaminhados para o laboratório de Solos UTFPR.

O solo foi espalhado por toda a bancada para auxiliar a secagem do mesmo, assim, facilitando a destorroagem como mostra a Figura 8. Com o auxílio de uma peneira de 2 mm o solo foi peneirado e homogeneizado para se obter a porcentagem de areia, silte e argila (TFSA) como mostra a Figura 9.

Figura 7 – Coleta do solo em campo



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 8 – Secagem do solo



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 9 – Secagem do solo

Fonte: Autoria própria (2021).

4.4 Ensaio de Lixiviação

4.4.1 Construção das colunas de lixiviação

Para a construção das colunas de lixiviação, foram utilizados canos de PVC com diâmetro de 75 mm e altura de 20 cm. Antes de iniciar os ensaios experimentais, os canos de PVC foram lavados com água corrente e sanitizados por imersão em uma solução de água sanitária 2,5% como mostra a Figura 10.

Em uma das extremidades dos canos, foram colocados dois tecidos de diferentes texturas, onde a camada mais grossa de tecido é chamada de “volta ao mundo” e a camada de tecido mais fina “voal” como mostra a Figura 11 assim, evitando a passagem de sólidos. Além disso, foi adicionado um tampão com furo para que haja a passagem de água até a proveta de 1 L como mostra a Figura 12.

Figura 10 – Limpeza e sanitização dos canos de PVC



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 11 – Colunas de lixiviação



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 12 – Tampão com o furo para a passagem da água residuária



Fonte: Autoria própria (2021).

4.4.2 Quantidade de massa do solo e capacidade de campo

A massa de solo (M_s) foi determinada através do preenchimento da coluna com a terra fina seca ao ar (TFSA) no qual, constou o volume de 804,1g de solo e assim, possibilitando a realização da pesagem da quantidade adicionada na coluna de lixiviação como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Massa de solo



Fonte: Autoria própria (2021).

A capacidade de campo (C_c) é designada como, às condições de drenagem desprezíveis, ou seja, seu valor caracteriza a quantidade máxima de água no solo sendo de grande importância agrônômica na estimativa da capacidade de água disponível de um determinado solo ou até mesmo, na determinação de uma lâmina de irrigação adequada (LIER, 2010).

A C_c foi obtida a partir da metodologia de Bamberg et al. (2012) no qual, sugere a aplicação de 50 a 60% de água destilada do volume total de uma coluna de lixiviação, efetuando a coleta do volume percolado e descontando o volume total aplicado, no qual, foi possível identificar a capacidade de campo de 361,25 mL

4.4.3 Quantidade de remineralizador

O rejeito de basalto foi fornecido por uma pedreira localizada no município de Francisco Beltrão, tendo como principal componente a rocha basáltica. Assim, seguindo a metodologia de Bamberg et al. (2012), sugere diferentes quantidades de remineralizador, sendo expressado por ton/ha^{-1} . Essas quantidades serão homogêneas juntamente com os solos em um tubo de PVC, tendo um intervalo entre 5 a 10 ton/ha^{-1} Por fim, o ensaio será realizado em triplicata sendo:

- Controle (Cr): 0 ton/ha^{-1} (branco);
- Tratamento 1 (T1): 5 ton/ha^{-1} ;
- Tratamento 2 (T2): 6 ton/ha^{-1} ;
- Tratamento 3 (T3): 7 ton/ha^{-1} ;

As massas de remineralizadores foram determinadas a partir do diâmetro da tubulação da coluna de lixiviação, após efetuado a medição foi possível encontrar a área (A) da seção transversal das colunas através da Equação 1:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Substituindo o valor do diâmetro da tubulação:

$$A = \frac{\pi \cdot (0,075 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0,004418 \text{ m}^2$$

Realizado o cálculo de área, foi possível calcular as massas de remineralizador para cada coluna de lixiviação, conforme a Equação 2:

$$M = \frac{\text{Quantidade de remineralizador (ton)}}{ha} \cdot \frac{10^6 g}{ton} \cdot \frac{1 ha}{10000 m^2} \cdot A (m^2)$$

Substituindo os valores referentes a massa do remineralizador (em gramas) foram calculados conforme se segue:

$$M_{E1} = \frac{5 ton}{ha} \cdot \frac{10^6 g}{ton} \cdot \frac{1 ha}{1000 m^2} \cdot 0,004418 m^2 = 2,21 g$$

$$M_{E2} = \frac{6 ton}{ha} \cdot \frac{10^6 g}{ton} \cdot \frac{1 ha}{1000 m^2} \cdot 0,004418 m^2 = 2,65 g$$

$$M_{E3} = \frac{7 ton}{ha} \cdot \frac{10^6 g}{ton} \cdot \frac{1 ha}{1000 m^2} \cdot 0,004418 m^2 = 3,09 g$$

4.4.4 Quantidade de água

Para determinar a quantidade de água utilizada durante o ensaio, foram utilizados dados do IAPAR (2018) durante o período de 1974 e 2017 do município de Francisco Beltrão. Com o fornecimento desses dados, foi realizado a média anual de precipitação e de evaporação no município e adicionado em cada coluna de lixiviação. O valor obtido de volume precipitado (V_p) foi de $1205 mm. ano^{-1}$. E como forma de minimizar possíveis erros de resultados, foi utilizado água destilada sendo fornecida pela Universidade.

Segundo os autores, a avaliação de nutrientes percolados deve ser entre o intervalo de 7 a 14 dias, com isso, neste trabalho foi analisado com intervalo de 7 dias. Juntamente com o fator de aceleração (f_A) estipulado para 7 semanas de experimento e o intervalo de dias, foi possível calcular o volume de água (V_A), a vazão (Q_A) e posteriormente o tempo (t) de duração do experimento.

Assim, sabendo que a área (A) da seção transversal da coluna é $0,004418 m^2$, o $V_p = 1205 mm. ano^{-1}$, o $f_A = 7$ semanas e a relação do volume precipitado de $1 mm. ano^{-1}$ equivale a $1 L. m^{-2} ano^{-1}$. Então o volume de água (V_A) necessário para cada ensaio é de:

$$V_A = A \cdot V_P \cdot \frac{1 \text{ ano}}{365 \text{ dias}} \cdot 7 \text{ dias} \cdot f_A$$

$$V_A = 0,004418 \text{ m}^2 \cdot \frac{1205 \text{ L}}{\text{m}^2 \cdot \text{ano}} \cdot \frac{1 \text{ ano}}{365 \text{ dias}} \cdot 7 \text{ dias} \cdot 7 = 0,71 \text{ L}$$

Para que haja a diminuição de erros, é recomendado uma vazão inferior a $0,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ equivalente a $0,5 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}$. Assim, a vazão (Q_A) é calculada:

$$Q_A = A \cdot \frac{0,5 \text{ L}}{\text{m}^2 \cdot \text{min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}$$

$$Q_A = 0,004418 \text{ m}^2 \cdot \frac{0,5 \text{ L}}{\text{m}^2 \cdot \text{min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{0,132 \text{ L}}{\text{h}}$$

Assim, encontrado os valores de V_A e Q_A o tempo (t) de duração do ensaio pode ser calculado da seguinte maneira:

$$t = \frac{V_A}{Q_A} = \frac{0,71 \text{ L}}{0,132 \frac{\text{L}}{\text{h}}} = 5,37 \text{ h}$$

Vale ressaltar que a lixiviação ocorre quando todos os poros do solo estão preenchidos com água, ou seja, para a realização do ensaio será utilizado o valor encontrado de V_A somado ao valor da capacidade de campo (C_c).

Além disso, como utensílio para controlar essa vazão, foi utilizado gotejador irrigador acoplável em garrafa Pet como mostra a Figura 14.

Figura 14 – Gotejador de jardim



Fonte: Autoria própria (2021).

4.4.5 Execução dos ensaios

Para realização dos ensaios, foram adicionadas a massa de solo M_s e a massa do remineralizador basáltico em uma coluna de mistura. Assim para a homogeneização, foi necessário tampões nas extremidades desta coluna e mediante a agitação foi possível misturar o solo com o pó de rocha.

Como mencionado anteriormente, a lixiviação ocorre a partir da saturação do solo e para isso, foi realizado a capacidade de campo de todas as colunas e efetuado a média. Assim, primeiramente o solo foi saturado com 361,25 mL de água e posteriormente adicionado 0,71L.

A coleta da solução percolada foi realizada com provetas de 1 L, posicionadas abaixo das colunas de lixiviação, conforme a Figura 15 e com o auxílio de suportes universais foi possível realizar a fixação dessas colunas. Como o ensaio foi realizado em triplicada, foram retirados 75 mL de cada solução, acondicionadas em garrafas Pet's de 2L e congeladas.

Figura 15 – Estrutura utilizada para a realização do ensaio



Fonte: Autoria própria (2021).

Para determinar as concentrações de Ca e Mg na solução lixiviada, foram utilizadas as metodologias da APHA (2005) e para a concentração de P total seguiu a metodologia da APHA (2017). Já para estabelecer as concentrações do material lixiviado, foram obtidos conforme a norma ABNT NBR 10005.

5 ANÁLISES LABORATORIAIS

5.1 Análises imediatas

Para realizar a coleta da solução lixiviada foi utilizado provetas de vidro de 1L, e assim, seguindo a metodologia de Bamberg et al. (2012), procedeu-se as análises de pH semanais referentes a cada ensaio experimental. Para a calibração do equipamento, foram utilizadas as soluções tampões de pH 5, 7 e 10 e assim efetuado as leituras de cada amostra.

Para a conservação de metais da solução percolada, foi realizado a acidificação das amostras semanalmente. Segundo o Standard Methods (1999) para que os metais sejam conservados é necessário o $\text{pH} < 2$, então para 1000 mL de água é utilizado 1,5 mL de ácido nítrico (HNO_3).

Então seguindo essas duas metodologias, as amostras foram acidificadas com o HNO_3 , realizada a leitura do pH para verificar se estavam com valor inferior a 2 e por fim, congeladas. Vale ressaltar que, foi utilizado 75 mL da solução lixiviada então a quantidade de HNO_3 foi de 0,1125 mL.

5.2 Análises químicas do solo

Todas as análises químicas foram realizadas no laboratório de solos da UTFPR de Pato Branco. Assim, foi possível verificar a matéria orgânica (MO) por digestão úmida, P, K, Cu, Fe, Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich – 1, pH em CaCl 1:2,5, Ca, Mg, e Al trocáveis extraídos com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$.

5.3 Análises microbiológicas do solo

As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de Microbiologia da UTFPR, seguindo metodologia de Jhanel, Cardoso e Dias (1999). Desta forma, a quantificação da população de bactérias aeróbias mesófilas e de bolores e leveduras presentes nas amostras Controle, T1, T2 e T3 foi realizada através da técnica de contagem em placa utilizando o método de inoculação por espalhamento antes e após o processo de lixiviação.

As amostras coletadas do controle, T1, T2 e T3, foram submetidas a diluições decimais seriadas 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} , realizadas em triplicatas em que, alíquotas de 25 g de amostra de solo foram misturados em 225 mL de água peptonada 0,1% estéril e homogeneizados até a formação de uma suspensão. De cada suspensão, com

auxílio de pipeta automática, foi transferido de forma asséptica 1 mL para tubos de ensaio contendo 9 mL de água peptonada 0,1% estéril até atingir a diluição desejada. Alíquotas de 0,1 mL dos tubos de ensaio dessas diluições seriadas foram transferidas e espalhadas em placas de Petri, em diferentes meios de cultura, de acordo com o grupo de microrganismo a ser avaliado.

Para a contagem de bactérias aeróbias mesófilas foi utilizado o meio de cultura Ágar Padrão para Contagem (PCA) e para a contagem de bolores e leveduras será utilizado o meio de cultura Ágar Batata Dextrose (BDA).

Após à inoculação, as placas de Petri foram incubadas em posição invertida em estufa bacteriológica com temperatura controlada a 35°C por 48 horas para a contagem de bactérias aeróbias mesófilas e 25°C por cinco dias para contagem de bolores e leveduras. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama de solo (UFC g⁻¹ solo).

5.4 Análise do remineralizador basáltico

Para discutir as análises da solução lixiviada, foi necessário realizar a caracterização do remineralizador, ou seja, através da técnica de fluorescência de raios-X (XRF79C) foi possível apresentar os óxidos majoritários presentes, e através da digestão por água régia (ICM14B) os teores dos elementos presentes no remineralizador.

5.5 Análise química da solução lixiviada

Para as análises químicas da solução lixiviada, foram realizadas em laboratório especializado e baseados nas concentrações dos seguintes minerais, cálcio (mg/L), magnésio (mg/L) e fósforo (mg/L) e foram executadas por um laboratório do Instituto Federal localizado no município de Palmas.

5.6 Delineamento experimental e Análises estatísticas

O delineamento experimental foi aplicado para determinar o potencial e a disponibilidade de nutrientes do remineralizador de rocha basáltica. O experimento contemplou seis tratamentos e um, conforme descrito abaixo:

Controle (Cr): 0 ton/ha⁻¹ (branco) consistirá em 804,13 g de solo sem a adição do remineralizador;

Tratamento 1 (T1): consistirá em 804,13 g de solo e 2,21 g de remineralizador que corresponderá a 5 ton/ha^{-1} ;

Tratamento 2 (T2): consistirá em 804,13 g de solo e 2,65 g de remineralizador que corresponderá a 6 ton/ha^{-1} ;

Tratamento 3 (T3): consistirá em 804,13 g s de solo e 3,09 g de remineralizador que corresponderá a 7 ton/ha^{-1} ;

Os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas foram plotados por meio da ferramenta Microsoft Excel, desenvolvendo a média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, tabela da ANOVA e Test-t utilizando o p-valor como 5% ou 0,05 de nível de significância, possibilitando a discussão dos resultados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Resultados das análises químicas do solo

Com a execução do ensaio de lixiviação do solo, foi possível realizar a caracterização e a comparação dos resultados através das análises laboratoriais como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados das análises químicas antes e após o ensaio de lixiviação

Compostos analisados	Amostras (antes do processo de lixiviação)	Amostras (depois do processo de lixiviação)	Unidade
Matéria orgânica (MO)	45,57	41,55	gdm^{-3}
P	70,49	54,76	$mgdm^{-3}$
K	1,32	0,80	$cmol_cdm^{-3}$
pH	5,50	5,80	-
Índice SMP	5,90	6,10	-
Al^{+3}	0	0	$cmol_cdm^{-3}$
H + Al	5,35	4,61	$cmol_cdm^{-3}$
Ca	6,90	6,60	$cmol_cdm^{-3}$
Mg	3,20	3,50	$cmol_cdm^{-3}$
SB	11,42	10,90	$cmol_cdm^{-3}$
V	68,10	70,28	%
Sat. Al	0	0	%

Fonte: Autoria própria (2021).

Segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos- ANDA (1991), os solos podem ter valores de pH entre 3 e 10 sendo, pH abaixo de 7 considerados ácidos e pH acima de 7 alcalinos. Assim, ao analisar os resultados demonstrados na Tabela 3 o solo utilizado para o desenvolvimento do trabalho pode ser avaliado como levemente ácido.

Para comparar os resultados referente aos teores dos macronutrientes do solo Ca, Mg e K, foi utilizado como base o Gui Prático para Interpretação de resultados de Análise de Solo- Embrapa (2015) como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Valores baixos, médios e altos para interpretação de análise de solo

Compostos	Baixo	Médio	Alto	Unidade
Ca	< 1,6	1,6 – 3,0	> 3	$cmol_cdm^{-3}$
Mg	< 0,4	0,4 – 1,0	> 1,0	$cmol_cdm^{-3}$
K	< 30	30 – 60	> 60	$cmol_cdm^{-3}$

Fonte: Extraído e Adaptado, Embrapa (2015).

Para comparar os valores de K foi necessário realizar a conversão de unidades, já que os valores do guia prático estão em $mg dm^{-3}$ e os resultados da

análise estão em $cmol_c dm^{-3}$. Assim, sabendo que $1cmol_c dm^{-3}$ equivale a $391 mg dm^{-3}$ o solo analisado pode ser considerado com valores altos pois, $60 mg dm^{-3}$ equivale a $0,15 cmol_c dm^{-3}$. Todos os teores dos macronutrientes são considerados altos, indicando boa qualidade de solo e baixa lixiviação.

As condições gerais de fertilidade do solo, podem ser comparadas com o número de saturação por base (V%). Dados da Embrapa (2010) mostram que os solos podem ser divididos em duas classificações, sendo elas: solos eutróficos (férteis) com valor de $V\% \geq 50\%$ e solos distróficos (pouco férteis) com valor de $V\% < 50\%$. Segundo os dados obtidos através da análise, o solo pode ser considerado eutrófico, ou seja, fértil.

6.2 Resultados das análises microbiológicas do solo

Os resultados da média da contagem de bactérias heterotróficas mesofílicas e bolores e leveduras antes e depois do processo de lixiviação estão descritos na Tabela 6.

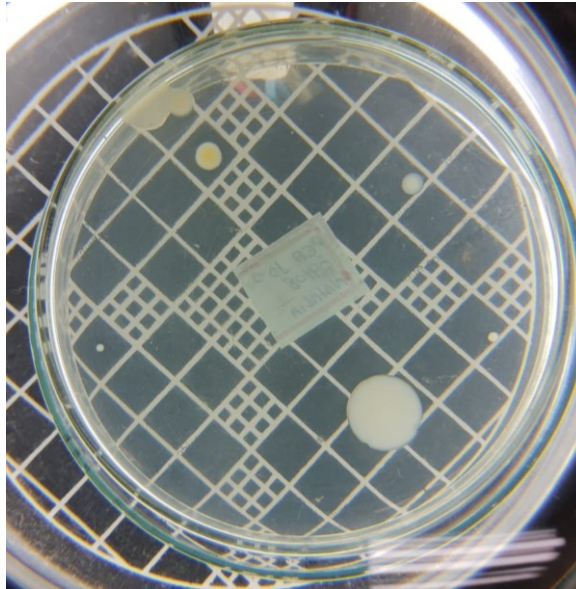
Além disso, as Figuras 16 e 17 são referentes aos resultados da análise microbiológica de Ágar Padrão para Contagem (PCA) e Ágar Batata Dextrose (BDA) antes do processo de lixiviação.

Tabela 6 – Contagem média de bactérias heterotróficas mesofílicas e bolores e leveduras antes e depois do processo de lixiviação

	Amostras (antes do processo de lixiviação)			Amostras (depois do processo de lixiviação)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Microrganismos ($UFC g^{-1}$)						
Bactérias heterotróficas mesofílicas	-	-	$> 300 \times 10^4$	$> 300 \times 10^2$	$> 300 \times 10^3$	30×10^4
Bolores e leveduras	10×10^2	0	0	$> 250 \times 10^2$	37×10^3	35×10^4

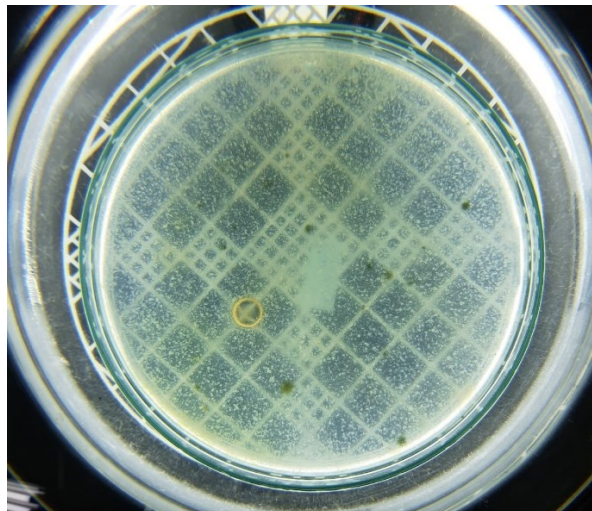
Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 16 – Resultado PCA antes do ensaio de lixiviação



Fonte: Aatoria própria (2021).

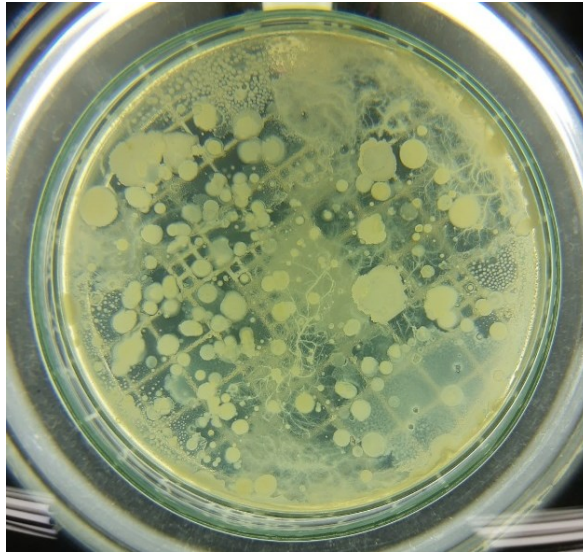
Figura 17 – Resultado BDA antes do ensaio de lixiviação



Fonte: Aatoria própria (2021).

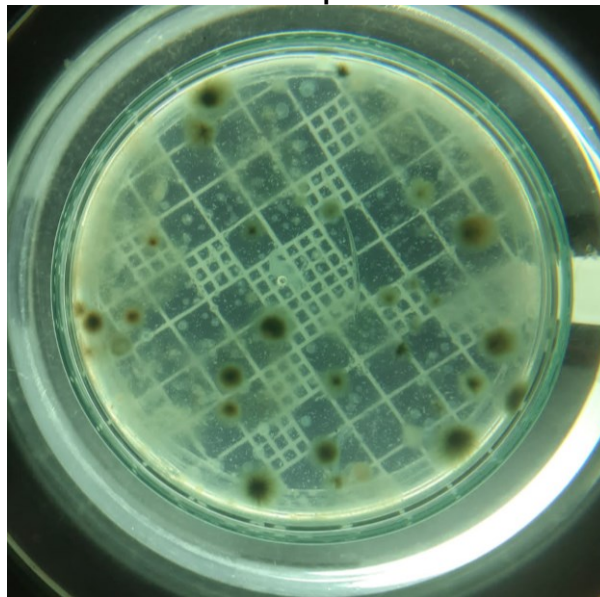
Após o ensaio de bancada, foi realizado novamente as análises de PCA e BDA com o objetivo de verificar o crescimento de bactérias, bolores e leveduras no solo. como mostram as Figuras 18 e 19.

Figura 18 – Resultado PCA depois do ensaio de lixiviação



Fonte: Aatoria própria (2021).

Figura 19 – Resultado BDA depois do ensaio de lixiviação



Fonte: Aatoria própria (2021).

Os resultados obtidos neste estudo, levando em consideração as condições experimentais foram significativos visto que, através da contagem das bactérias heterotróficas mesofílicas e bolores e leveduras foi possível verificar o crescimento depois da execução do ensaio.

Vale ressaltar que, o crescimento desses microrganismos pode variar conforme as características da região, logo, se faz necessário a identificação de bactérias, bolores e leveduras para verificar o seu aumento levando em consideração os benefícios ou malefícios para o solo.

Além disso, houveram dificuldades para encontrar dados na literatura entretanto, é evidente a necessidade de identificação desses microrganismos.

6.3 Resultados da caracterização do remineralizador basáltico

Com a realização da análise para a caracterização do remineralizador, foi possível verificar a presença de óxidos majoritários como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 – Caracterização do remineralizador basáltico

Grau	Valor (nm)	Minerais
5-10	1,500	-
10-15	0,647	Plagioclásio
20-25	0,404	Plagioclásio
20-25	0,376	Plagioclásio
20-25	0,364	Plagioclásio
25-30	0,334	Quartzo
25-30	0,321	Plagioclásio e Piroxena
30	0,300	Plagioclásio e Piroxena
30-35	0,294	Piroxena
30-35	0,290	Piroxena
30-35	0,283	Olivina
35	0,252	Olivina
25-40	0,228	Olivina
40-45	0,214	-

Fonte: Autoria própria (2021).

Extraído do município de Francisco Beltrão, a rocha basáltica está localizada dentro da Bacia do Paraná. Onde, existe alta complexidade paisagística representada através das variações litológicas de origem sedimentar e magmática, no qual, datam entre as Eras geológicas Paleozoica até Mesozoica (VARGAS e FORTES, 2019).

Sua constituição mineralógica é dado por: plagioclásio (1% de macrocristais e 3% de fenocristais), clinopiroxênio (augita, 0,7%), pigeonita (aproximadamente 0,1%), opacos (magnetita-ilmenita, 1%) e apatita (0,2%), feldspato alcalino (ortoclásio), quartzo e material vítreo (TRUFFI e CLEMENTE, 2002).

Assim, a caracterização do remineralizador basáltico se deu pela influência da localização geográfica e a constituição da rocha basáltica.

6.4 Resultados das análises químicas da água residuária

Para verificar se houve a percolação de nutrientes para a água durante o período do ensaio, foi realizado a análise de Na, K, P, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe como mostra a Tabela 8.

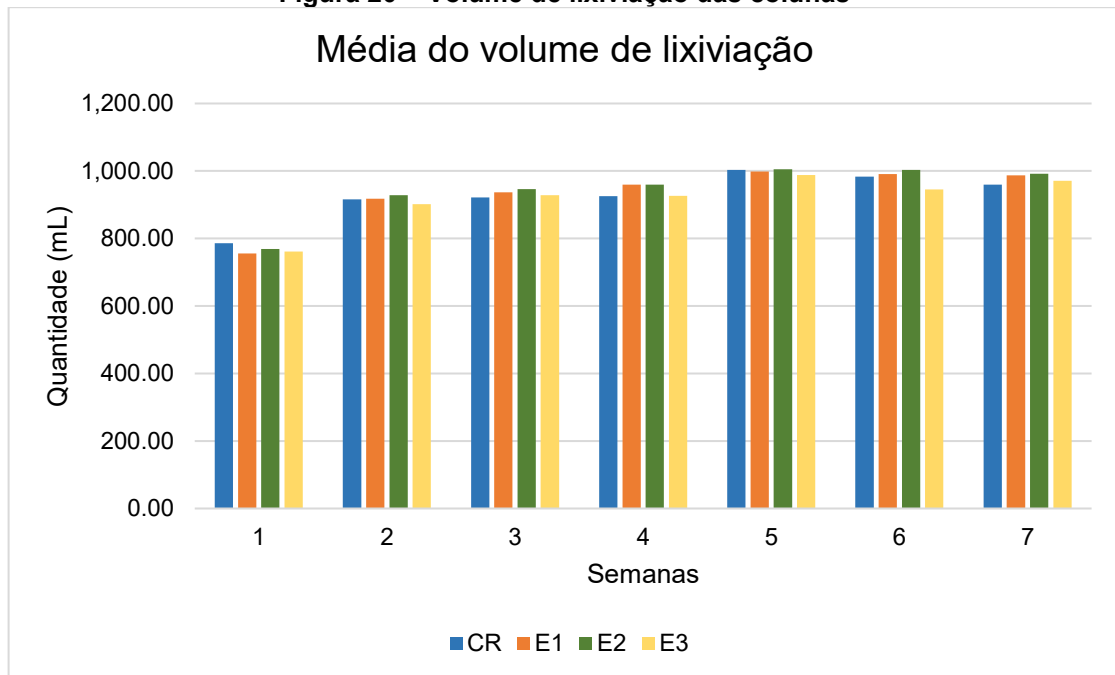
Tabela 8 – Resultados das análises da água residuária

Amostras	Na	K	P	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	Unidade
$CR_{1,2,3}$	10	32	0,56	3,04	1,44	0	0,25	0,01	0,61	mgL^{-1}
$E_1R_{1,2,3}$	10,20	26,40	0,57	2,49	1,31	0	0	0,01	0,44	mgL^{-1}
$E_2R_{1,2,3}$	9,40	28,20	0,44	3,05	1,33	0	0,19	0,02	0,23	mgL^{-1}
$E_3R_{1,2,3}$	9,60	46,40	0,71	4,37	1,60	0	0,10	0,01	0,26	mgL^{-1}

Fonte: Autoria própria (2021).

6.5 Resultados das análises estatísticas

Durante os ensaios semanais, foi verificado a quantidade de água residuária que percolava pelo solo. Assim, foi possível realizar a média de cada coluna de lixiviação como mostra a Figura 20.

Figura 20 – Volume de lixiviação das colunas

Fonte: Autoria própria (2021).

Com a realização das médias, a mediana e o desvio padrão de cada coluna obtiveram os resultados como mostra a Tabela 9.

Tabela 9 – Valores de desvio padrão

Colunas	Mediana	Desvio padrão
Controle	960,75	23,19
E_1	960,75	5,64
E_2	952,88	0,23
E_3	941,06	4,37

Fonte: Autoria própria (2021).

É válido ressaltar que, o desvio padrão é considerado uma medida que não pode assumir valores negativos, além disso, quanto maior for o valor, maior será a dispersão de dados (MARTINS, 2013).

Com isso, é possível verificar que o Controle obteve maior valor de desvio padrão no qual, houve maior variância entre o volume de água residuária nas colunas de lixiviação CR_1 , CR_2 e CR_3 . Em contra partida, o E_2 obteve o menor valor, isso significa que, os volumes de água foram semelhantes entre as colunas E_2R_1 , E_2R_2 e E_2R_3 .

Para verificar se houve diferença entre o controle e o solo com remineralizador, foi utilizado a análise ANOVA de fator único como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados da análise ANOVA de fator único

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	5886.887	3	1962.296	8.3435713	0.00736	4.066180551
Dentro dos grupos	1860.941	8	232.6177			
Total	7747.	11				

Fonte: Autoria própria (2021).

Como o p-valor $< 0,05$ pode se afirmar que à diferença entre o controle e as diferentes quantidades de remineralizador. Com isso, foi realizado o Test- t entre o controle e E_1 , controle e E_2 e controle e E_3 e como mostra as Tabelas 11, 12 e 13.

Tabela 11 – Resultado do Teste-t entre controle e o E_1

	Cr	E_1
Média	173.25	231.0033
Variância	294.6333	144.7556
Observações	3	3
Hipótese da diferença de media	0	
gl	4	
Stat t	-4.772139445	
P (T<=t) uni-caudal	0.00441311	
T crítico uni- caudal	2.131846786	
P (T <=t) bi-caudal	0.008826219	
T crítico bi-caudal	2.776445105	

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 12 – Resultado do Teste-t entre controle e o E_2

	Cr	E_1
Média	173.25	223.1267
Variância	294.6333	392.8706
Observações	3	3
Hipótese da diferença de media	0	
gl	4	
Stat t	-3.294734739	
P (T<=t) uni-caudal	0.015040778	
T crítico uni- caudal	2.131846786	
P (T <=t) bi-caudal	0.030081557	
T crítico bi-caudal	2.776445105	

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 13 – Resultado do Teste-t entre controle e o E_3

	Cr	E_1
Média	173.25	210
Variância	294.6333	98.2111
Observações	3	3
Hipótese da diferença de media	0	
gl	3	
Stat t	-3.211498233	
P (T<=t) uni-caudal	0.024450143	
T crítico uni- caudal	2.353363435	
P (T <=t) bi-caudal	0.048900287	
T crítico bi-caudal	3.182446305	

Fonte: Autoria própria (2021).

Em todas as análises, o p-valor < 0,05 comprovando a diferença entre o solo utilizado como controle e o solo com diferentes quantidades de remineralizador.

Tabela 14 – Resultado do Teste-t entre E_1 e o E_2

	E_1	E_2
Média	231.0033333	223.1267
Variância	144.7556333	392.8706
Observações	3	3
Hipótese da diferença de media	0	
gl	3	
Stat t	0.58838671	
P (T<=t) uni-caudal	0.298817502	
T crítico uni- caudal	2.353363435	
P (T <=t) bi-caudal	0.597635005	
T crítico bi-caudal	3.182446305	

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 15 – Resultado do Teste-t entre E_1 e o E_3

(continua)

	E_1	E_3
Média	231.0033333	210

Tabela 15 – Resultado do Teste-t entre E_1 e o E_3

(conclusão)

	E_1	E_3
Variância	144.7556333	98.2111
Observações	3	3
Hipótese da diferença de media	0	
gl	4	
Stat t	2.3338663462	
P (T<=t) uni-caudal	0.039956624	
T crítico uni- caudal	2.131846786	
P (T <=t) bi-caudal	0.079913247	
T crítico bi-caudal	2.776445105	

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 16 – Resultado do Teste-t entre E_2 e o E_3

	E_1	E_2
Média	223.1266667	210
Variância	392.8706333	98.2111
Observações	3	3
Hipótese da diferença de media	0	
gl	3	
Stat t	1.025978345	
P (T<=t) uni-caudal	0.190199587	
T crítico uni- caudal	2.353363435	
P (T <=t) bi-caudal	0.380399173	
T crítico bi-caudal	3.182446305	

Fonte: Autoria própria (2021).

Entre as colunas com distintas quantidades de remineralizador, não houve diferença como mostra as Tabelas 14, 15 e 16 acima. Entretanto, é evidente maior diferença entre o E_1 e E_3 (Tabela 15) devido a discrepância relacionada a quantidade de remineralizador basáltico.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com todas as análises realizadas para o desenvolvimento deste trabalho, é possível concluir que, existe a relação positiva entre a quantidade de remineralizador no solo quando é associado a lixiviação liberando assim, os macronutrientes ao longo do tempo. Além disso, o crescimento microbiológico também foi positivo entretanto, não é possível concluir que o aumento dos microrganismos são benéfico para o solo pois, não foi realizada à identificação dos mesmos.

Com isso, conclui-se que, a aplicação do pó de rocha como remineralizador no solo tem capacidade significiativa de aumentar a disponibilidade de Ca, Mg e K para a solução do solo e com isso, aumentando a absorção desses macronutrientes pelas raízes das plantas, além do mais, a inserção do pó de rocha no solo é uma alternativa de descarte sustentável visto que, ele é nomeado como resíduo no processo de britagem das pedreiras.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Realizar o ensaio de bancada com a água captada da chuva;

Identificar os microrganismos, verificar se houve crescimento e determinar se essa difusão é benéfica ou maléfica para o solo;

Utilizar intervalos maiores referentes as diferentes concentrações de remineralizador (ex: controle, 5 ton/ha^{-1} , 7 ton/ha^{-1} e 10 ton/ha^{-1})

Avaliar a lixiviação em diferentes tipos e usos do solo.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10.005. Procedimento para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. 2004.

ALMEIDA, G. C. P. de. **Caracterização física e classificação dos solos**. Juiz de Fora: UFJF, 2005. Disponível em: http://ufrj.br/institutos/it/deng/rosane/downloads/material%20de%20apoio/APOSTILA_SOLOS.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION- APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed., Washington, DC, New York: American Public Health Association, 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 23st ed., Washington, DC, New York: American Public Health Association, 2017.

ANDA- Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Boletim Técnico Nº 1: Acidez do solo e Calagem**. 3. ed. São Paulo, 1991.

ANDRADES, T. O.; GANIMI, R. N. Revolução Verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**, Juiz de Fora, v 21, p. 43-56, 2007. Disponível em: https://www.cesjf.br/revistas/cesrevista/edicoes/2007/revolucao_verde.pdf. Acesso em: 25 abr. 2021.

ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. A Microbiota do solo da agricultura orgânica e no manejo das culturas. *In*: SILVEIRA, A. P. D. da.; FREITAS, S. dos. S. **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007, p. 21-39. Disponível em: <http://www.iac.agricultura.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/microbiota.pdf>. Acesso em: 7 out. 2021.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/download/1658/1685>. Acesso em: 26 abr. 2021.

BARBOSA, D. C.; PAIVA, G. S.; ADAME, A. O uso de agrotóxicos e a contaminação dos recursos hídricos: custo benefício econômico e social. *In*: SIMPÓSIO DE EDUCAÇÃO DO VALE DO JURUENA. 2016, Juína/MT. **Anais eletrônicos** [...]. Juína, 2016. Disponível em: <http://www.evento.ajes.edu.br/educacao/uploads/artigos/20170720164012-PTdp.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021.

BAMBERG, A. L.; BAMBERG, A.L.; GRECCO, M.F.; SILVEIRA, C. A. P. ; MARTINAZZO, R.; POTES, M.L.; LOUZADA, R. Uso de colunas de lixiviação para a determinação da dinâmica de liberação de nutrientes a partir de rochas moídas. *In*: WORKSHOP INSUMOS PARA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 2012, Pelotas.

Anais eletrônicos [...]. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/950256/1/2AGBamberg.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021.

BENINCÁ, D.; BONATTI, L. C. Agroecologia: Uma opção de sustentabilidade no campo e na cidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 5, p. 192, 2020. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/23201/14308>. Acesso em: 17 mar. 2021

BERTOSSI, A. P. A.; NEVES, M.A.; CARDOSO, M. S. N.; PRADO, A. C. A.; DAMASCENO, C. A.; POLIDORO, J.C. Influência da utilização do resíduo fino de beneficiamento de rochas ornamentais silicáticas na qualidade do solo e da água. **Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 185-195, 2012.

BRASIL. **Lei 12.890, de 10 de dezembro de 2013**. Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 10 dez 2013. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2013/lei-12890-10-dezembro-2013-777603-publicacaooriginal-142208-pl.html>. Acesso em: 16 mar. 2021.

BRASIL. **Instrução normativa nº 5, de 10 de março de 2016**. Estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, 14 mar. 2016. Disponível em https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393137/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-5-de-10-de-marco-de-2016-21393106. Acesso em: 09 abr. 2021.

CAIXETA, K. F.; FELIX, A. C. A.; SILVA, F. A. C.; BRAGA, M. B.; SILVA, J.; GUEDES, Í. M. R. Perda de nutrientes por lixiviação em Latossolo cultivado com diferentes híbridos de meloeiro sob ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **Anais eletrônicos** [...] Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/135299/1/Karoline-et-al.-FINAL-Congre35solo.pdf> . Acesso em: 10 abr. 2021.

DUNCK, E. A. F. M. et al. **Sistema produtivo agrário brasileiro consumidor de agrotóxicos como fonte de violência**. Dissertação (Mestrado em Direito Agrário). Faculdade de direito, Universidade Federal de Goiás. Goiás, 2016. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/6504/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Ellen%20Adeliane%20Fernandes%20Magni%20Dunck%20-%202016.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

EDWARD, W. O. O. **Influência do uso de pó de rochas fosfáticas e basálticas na ocorrência de micorrizas arbusculares em solo de cerrado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em:

https://bdm.unb.br/bitstream/10483/14043/1/2016_WinnieOkuOliveiraEduard_tcc.pdf. Acesso em: 10 abr. 2021.

EMBRAPA- **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais**. 1. ed. Campinas: Embrapa Monitoramento por satélite, 2010.

EMBRAPA- **Guia prático para Interpretação de Resultados de Análise de solo**. 1. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2015.

EMBRAPA. Intensificação e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícolas. **Visão 2030: O futuro da Agricultura Brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-2030>. Acesso em: 10 abr. 2021.

EMBRAPA. **Horizontes diagnósticos superficiais e horizontes diagnósticos subsuperficiais**. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 5º ed. ampliada. Brasília, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 26 abr. 2021.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 3º ed. ampliada. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209>. Acesso em: 01 maio. 2021.

EMBRAPA. Mapa de solos do Brasil. [S.l.]: Embrapa Solos, 2008. Disponível em: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3ABrasil_solos_5m_20201104. Acesso em: 2 mar. 2021.

EMBRAPA. **Ecologia Microbiana do Solo**. Teresinha: Embrapa, 2007. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15434607.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.

EMBRAPA. **Marco referencial em agroecologia**. Brasília: Embrapa, 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/66727/1/Marco-referencial.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2021.

FERNANDES, G. PITON, R.; PELLEGRINI, A.; TIECHER, T. Projeto 1: Influência da fertilização do solo na produção do leite. *In*: FERNANDES, G. PITON, R.; PELLEGRINI, A.; TIECHER, T. **Cartilha Manejo e Conservação do solo e da água na região do Médio Alto Uruguai**: Em busca de uma Agricultura Sustentável. Rio Grande do Sul: URI- Frederico Westph, 2016. p.6-16. Disponível em: https://legacy.agroecologiaemrede.org.br/acervo/arquivos/frm_exp_geral_ex_anexos_0_1368_Cartilha_Solos_FINAL.pdf. Acesso em: 9 abr. 2021.

FERREIRA, M. Caracterização Física do Solo. *In*: LIER, Q. **Física do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 2-27.

FERREIRA, W. de A.; BOTELHO, Sonia Maria. **Capacidade de troca de cátions nas principais classes de solos da Amazônia, determinada a diferentes valores de pH**. Belém: Embrapa Amazônica Oriental, 1999. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/377212/capacidade-de-troca-de-cations-das-principais-classes-de-solos-da-amazonia-determinada-a-diferentes-valores-de-ph>. Acesso em: 9 abr. 2021.

FERREIRA, E. P. de B.; STONE, L.F.; MARTIN-DIDNET, C.C.G. **População e atividade microbiana no solo em sistema agroecológico de produção.**

Fortaleza: Revista Ciências Agronômica, v. 48, n. 1, p. 22-31, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/Rg5L5zBmmxzRr5Jn4YtjHXq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 set. 2021.

GODOY, L. C. **Apostila de Geologia: Rochas.** Ponta Grossa: Departamento de Geociências, 2005.

IAPAR- Instituto Agronômico do Paraná. **Médias Históricas em Estações do IAPAR.** Disponível em:

<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1070>. Acesso em 24 abr. 2021.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia.** Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em:

<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95017.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

JAHNEL, M.C.; CARDOSO, E. J. B. N.; DIAS, C. T. S. Determinação do número mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas.

Rev. Bras. Ciênc. Solo, v. 23 p.553-559, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v23n3/08.pdf>. Acesso: 24 abr. 2021.

JÚNIOR, C. R. P.; PEREIRA, M. G.; NETO, E. C. S.; ANJOS, L. H. C.; FONTANA, A. Solos no Brasil: gênese, classificação e limitações ao uso. In: SANTOS, H.G.; JÚNIOR, W. C.; DART, R. O.; ÁGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P. Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país. **Atena Editora**, Ponta Grossa, p. 183-197. 2020. Disponível em:

<https://www.finersistemas.com/atenaeditora/index.php/admin/api/artigoPDF/34318>. Acesso em: 16 abr. 2021.

LAZZARI, F. M.; SOUZA, A. S. Revolução verde: impactos sobre os conhecimentos tradicionais. In: IV Congresso Internacional de Direito e Contemporaneidade: mídias e direitos da sociedade em rede. **Anais eletrônicos...** Santa Maria: UFSM, 2017.

p.1-16. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/congressodireito/anais/2017/4-3.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2021.

LEPSCH, I. F. O recurso terra. In: LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** 2ª ed. Oficina de textos, 2010. Cap. 1.

LEÃO, T. P. **Intervalo hídrico ótimo em diferentes sistemas de pastejo e manejo da pastagem.** 2002. Dissertação (Mestrado em agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-25022003-135617/publico/tairone.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

LIER, Quirijn. Disponibilidade de águas às plantas. *In*: LIER, Quirijn. **Física do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 283-298.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R.; MELO, V. F. **Conhecendo os principais solos do PR**: abordagem para professores do ensino fundamental e médio. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. Disponível em: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/solos_parana.pdf. Acesso em: 12 mar.2021.

LIMA, T. M.; NEVES, C, A (coords.). R. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral**. Brasília: DNPM, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2013>. Acesso em: 23 mar. 2021.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Interpretação de análise de solo: Conceitos e aplicações. **ANDA- Associação Nacional para difusão de adubos, interpretação de análise de solo conceitos e aplicações**, Lavras, n.4, n. p. 2004. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/downloads/interpretacao_de_analise%20de_solo_conceitos_e_aplicacoes.pdf Acesso em: 06 mar 2021.

MACEDO, C.F.; TAVARES, L. H. S. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 36 ed. 2, p:149 – 163, 2010. Disponível em: https://www.pesca.sp.gov.br/36_2_149-163rev.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Mapa regulamenta produção, registro e comércio do pó de rocha na agricultura 2016 –Disponível em:<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-regulamenta-producao-registro-e-comercio-do-po-de-rocha-na-agricultura> . Acesso em: 09 abr. 2021.

MARTINS, M. E. G. Desvio padrão amostral. **Revista de Ciência Elementar**, v. 1. 2013. Disponível em: https://www.fc.up.pt/pessoas/jfgomes/pdf/vol_1_num_1_18_art_desvioPadraoAmostr al.pdf. Acesso em: 18 nov. 2021.

MATTOS, M. L.T. Microbiologia do solo. *In*: Recursos Solo: **Propriedades e usos**. Editora Cubo, 2015. p. 250-272. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137178/1/Maria-Laura-Recurso-Solo-Propriedades-e-Usos.pdf>. Acesso em: 7 out. 2021.

MINEROPAR. Projeto Riquezas Minerais: Avaliação do potencial mineral e consultoria técnica no município de Francisco Beltrão. **Relatório Final**. Curitiba: 2002. p. 9. Disponível em: <http://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uid=@gft-escriva-minerop@f310a8dc-0edd-42a5-a5d2-bf264dbf4369>. Acesso em: 10 abr. 2021.

MOREIRA, F. M.S.; SIQUEIRA, J. O. S. Histórico, evolução e tendências. *In*: MOREIRA, F. M.S.; SIQUEIRA, J. O. S. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**.

Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 1-15. Disponível em:

http://www.esalq.usp.br/departamentos/iso/arquivos_aula/LSO_400%20Livro%20-%20Microbiologia%20e%20bioquimica%20do%20solo.pdf . Acesso em: 29 set. 2021.

MUGGLER, C. C.; CARDOSO, I. M.; RESENDE, M.; FONTES, M. P. F. ABRAHÃO, W. A. P.; CARVALHO, A. F. de. Rochas Ígneas. *In*: MUGGLER, C. C.; CARDOSO, I. M.; RESENDE, M.; FONTES, M. P. F. ABRAHÃO, W. A. P.; CARVALHO, A.F. de. **Conteúdos básicos de Geologia e Pedologia para as disciplinas de sol 213, sol 215 e sol 220**. Viçosa: Centro de Ciências Agrárias, departamento de solos, 2005, p.27-35.

PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C. de; KAMINSKI, J. Solos urbanos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1647-1653, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v34n5/a53v34n5>. Acesso em: 20 abr. 2021.

PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos; JUNIOR, C. R. P.; PINTO, L. A. da S. R.; NETO, E. C. da S.; FONTANA, A. Formação e Caracterização de solos. *In*: TULLIO, L. (org). **Formação, Classificação e Cartografia dos Solos**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 1-20. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/09/E-book-Formacao-Classificacao-e-Cartografia-dos-Solos.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

PEQUENO, P.L. L. Aspectos sobre o uso e manejo do solo. *In*: PEQUENO, P.L. L. Noções Básicas de uso e manejo do solo. **Edufro**, Porto Velho, p. 27-48, 2013. PINTO, C. G. O. **Efeito do uso do solo sobre seus atributos na microrregião de Chapadinha-MA**. 2014 Tese (Doutor em: Agronomia (Ciências do Solo) 2014. - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/123756/000829825.pdf?sequenc e=1>. Acesso em: 27 abr. 2021.

PRIMAVESI, A. M. A agricultura da não violência. *In*: PRIMAVESI, A. M. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. São Paulo: Expressão Popular, 2016. p. 192-193.

REIS, B. R. dos. **Potencial de consumo de remineralizadores como fonte de nutrientes na agricultura e construção do modelo de arranjos produtivos locais**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/11/110100/tce-19112015-090459/?&lang=br>. Acesso em: 10 mar. 2021.

RETZLAF, J. G.; STIPP, N. A. F.; ARCHELA, E. Breve síntese geológica e geomorfológica da área do Parque Estadual do Guartelá no Estado do Paraná. **Geografia**, v. 15, n. 1, p. 95-106, 2006, Londrina, PR. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6655/6004>. Acesso em: 15 abr. 2021.

RIBEIRO, G. M. **Caracterização de pós de rochas silicáticas, avaliação da solubilidade em ácidos orgânicos e potencial de liberação de nutrientes como**

remineralizadores de solos agrícolas. 2018. Tese (Pós-Graduação em Ciência do Solo). UDESC, Santa Catarina, 2018. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1478/TESE_GENICELLI__15694159594665_1478.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. da G. B. de F.; SAMPAIO, F. de M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, vol.31, n.4, p.1167-1175, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000400033>. Acesso em: 10 mar. 2021.

RONQUIM, C. C. Capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB) e saturação por base (V%). *In*: RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo para regiões tropicais**. 2 ed. São Paulo: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. p. 8-10. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1128267/1/5840.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SANTOS, A.B. dos; FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.12-16, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n1/v6n1a03.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, L. R.; SILVA, E. M. da; SILVEIRA, P. M. da ; BECQUER, T. Impacto de sistemas de integração lavoura-pecuária na qualidade física do solo de um latossolo do cerrado. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais eletrônicos [...]** Uberlândia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/43296/1/473-1.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J.A.; OLIVEIRA, V. B.; CUNHA, T. J. F. Horizontes diagnósticos superficiais e horizontes diagnósticos subsuperficiais. *In*: SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J.A.; OLIVEIRA, V. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: **Embrapa**, 2018. p. 49-74. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SILIPRANDI, E. A Agroecologia e o protagonismo das agriculturas e dos agricultores. *In*: SILIPRANDI, E. **Mulheres e Agroecologia: transformando o campo, as florestas e as pessoas**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2015. p. 81-109. Disponível em: https://paginas.uepa.br/herbario/wp-content/uploads/2017/08/MULHERES_E_AGROECOLOGIA_TRANSFORMANDO_O_CAMPO_AS_FLORESTAS_E_AS_PESSOAS_0-1.pdf6. Acesso em: 21 mar. 2021.

SILVA, E. A. Composição e Contaminação do solo. *In*: LIMA, M. R. de (org). **Conhecendo os solos**: abordagem para educadores do ensino fundamental na modalidade à distância. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2014. p. 33-50. Disponível em: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/livro_ead.pdf. Acesso em: 22 abr. 2021.

SILVA, L. A. F. **Viabilidade de utilização de remineralizadores como alternativa a fertilizantes convencionais**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2017.

SILVA, R. C. da. **Intemperismo de minerais de um remineralizador**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-01082016-171821/publico/Rafael_Cipriano_da_Silva_versao_revisada.pdf. Acesso em: 22 abr. 2021.

SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; SILVA, D. G.; ARNHOLD, E. Produtividade de milho em diferentes sistemas produtivos. **Revista Verde**, Mossoró-RN: v.2, n.2, p. 136–141, 2007. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/download/55/55>. Acesso em 23 abr. 2021.

SILVA, F.D.; COUCEIRO, P. R. C.; FABRIS, J.D.; GOULART, A. T.; KER, J.C. Magnésioferrita e caminho pedogenético de transformação de óxidos de ferro magnéticos em dois perfis de solo derivados de tufito da região do Alto Paranaíba (MG). *Rev. Bras. Ciênc. Solo* v. 29, n.5 Viçosa 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000500012. Acesso em 27 abr. 2021.

SOUZA, D. I.; FAGOTTI, D. L.; SATURNO, D.F.; CERZINI, P.; CERVANTES, V.N.M.; NOGUEIRA, M.A. 12333-Adubação verde associado a pó de basalto e fosfato natural em sistemas agroecológicos no sul do Paraná e norte de Santa Catarina. *In*: Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia. Fortaleza. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011. p. 1-5. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/12333/7905>. Acesso em: 23 abr. 2021.

STANDARD METHODS- **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**. 22nd ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.1999.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v. 17, n. 12, 2013, p. 1301-1309. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n12/v17n12a08.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. ed 3, Distrito Federal: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1087264/1/Pt1Cap9Porosidade.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2021.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**. Seção Três Lagoas, v 2, n. 2, 2005. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/235432186.pdf> . Acesso em: 26 abr. 2021.

TEIXEIRA, A. Setor Sucroalcooleiro: desenvolvimento, degradação, contradições e promessas. **Fundação Armando Álvares Penteado (Faap)**, São Paulo, 2004. Disponível em: https://www5.pucsp.br/eitt/downloads/iv_ciclo/ArtAparecidaT.pdf . Acesso em: 5 mar. 2021.

THEODORO, S. de C. H. **A fertilização da terra pela terra**: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural. 2000. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2000. Disponível em: encurtador.com.br/oEMOV. Acesso em: 15 mar. 2021

THEODORO, S. H.; LEONARDO O. H.; MARTINS, ALMEIDA, E. Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. *In*: I CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2009, Planaltina: Embrapa Cerrados. **Anais eletrônicos [...]**, Planaltina: Embrapa Cerrados. 2009. Disponível em: http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/fotos_juliana/Anais%20de%20Congresso%20Brasileiro%20de%20Rochagem.PDF . Acesso em: 15 mar. 2021.

THEODORO, S. H. A Construção do marco legal dos remineralizadores. *In*: BAMBERG, A. L.; SILVEIRA, C.A.P.; MARTINS, E.S.; BERGMANN, M.; MARTINAZZO, R.; THEODORO, S.H. III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM. 3. 2017. **Anais eletrônicos [...]** Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2017. p. 26-36. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1354346/26325871/Livro+Congresso+de+rochagem+Formato+Web.pdf/29be78a9-dd7a-8050-5b31-2b02c583589e>. Acesso em: 16 mar. 2021.

TOLEDO, M. C. M. de. Intemperismo e pedogênese. *In*: TOLEDO, M. C. M. de; TEIXEIRA, W.; BOUROTTE, C. L. M. **Geologia**. São Paulo: USP/UNIVESP/EDUSP, 2014. p.135-157. Disponível em: https://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo02/geologia_PLC0011/geologia_top07.pdf. Acesso em: 16 mar. 2021.

TRUFFI, S. A.; CLEMENTE, C. A. Alteração de plagioclásios dos riodacitos da formação serra geral (JKsg) da região de Piraju- SP. **Scientia Agricola**, v.59, n.2, p.383-388. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/6kPZLFrs7tV9yFTmKdjKtBG/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 01 dez. 2021.

TYBUSCH, J.; ARAUJO, L. Biodiversidade da América Latina: Ecologia política e regulação jurídico-ambiental. *In*: SILVEIRA, C. **Princípios de Direito Ambiental: Articulações teóricas e aplicações práticas**. Caxias do Sul: EDUCS, 2013. p. 34-56. Disponível em:

https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/Principios_de_Direito_Ambiental.pdf. Acesso em: 26 de mar. 2021.

VARGAS, K. B.; FORTES, E. **Caracterização geológica por meio de análise de poços tabulares no centro norte Paranaense**. Geoiंगा: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia, v. 11, n. 1, p. 87-105, 2019. Disponível em:

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:H8Qk-o0aco8J:https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Geoinga/article/download/49427/751375140497/+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso em: 01 dez. 2021.

WAICHEL, B. L. **Estruturação de derrames e interações lava-sedimento na porção central da Província Basáltica Continental do Paraná**. 2006 Tese

(Doutorado em: Geociências) 2006 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7768/000556516.pdf?sequence=1>. 15 mar. 2021

WILDNER, W.; BRITO, R. S. C. de; LICHT, O. A. B.; ARIOLI, E. E. (Coords.).

Geologia e Recursos Minerais do Estado do Paraná: Escala 1:200.000, Brasília: CPRM, 2006.

ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 12, 2009. p.79-100. Disponível em:



<http://revista.domhelder.edu.br/index.php/veredas/article/view/21> Acesso em: 26 de fevereiro de 2021.

ZONTA, J.H.; SOFIATTI, V.; COSTA, A. G. F.; SILVA, O. R. R. F.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, C. A.; BELTRÃO, N. E. M.; ALVES, I.; JÚNIOR, A. F. C.; CARTAXO, W. V.; RAMOS, E. N.; OLIVEIRA, M. C.; CUNHA, D. S.; MOTA, M. O. S.; SOARES, A. N.; BARBOSA, H. F. Práticas de Conservação de Solo e Água. Campina Grande:

Embrapa, 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/928493/praticas-de-conservacao-de-solo-e-agua>. Acesso em: 26 abr. 2021.

APÊNDICE A - Laudos

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Diretoria de Graduação e Educação Profissional
 Secretaria de Gestão Acadêmica
 Departamento de Biblioteca

	Ministério da Educação		Governo do Estado do Paraná
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná		Secretaria de Agricultura e Abastecimento
	Campus Pato Branco		Instituto Agronômico do Paraná
	Coordenação de Agronomia		

Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Prof. Michelle Milanez França	Laudo : 8907	Amostra:270
Endereço: Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Data: 16/11/2021	
Propriedade: Natalia V. Anderloni - Coleta 14/10/2021 - - PR		
Talhão: 1 - TFSA - amostra SAF	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: UTFPR - Pesquisa	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	45,57	70,49	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50
	MO gdm ⁻³	P mgdm ⁻³	K cmol _c dm ⁻³	Cu mgdm ⁻³	Fe mgdm ⁻³	Zn mgdm ⁻³	Mn mgdm ⁻³	pH CaCl ₂

OBS: K(mgdm³): 516,12

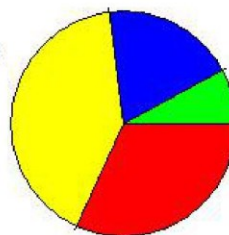
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	5,90	0,00	5,35	6,90	3,20	11,42	68,10	0,00
	Índice SMP	Al ³⁺ cmol _c dm ⁻³	H+Al cmol _c dm ⁻³	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	SB cmol _c dm ⁻³	V (%)	Sat. Al (%)



Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em_cCa.Cl 1:2,5
 Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹

Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 16,77

K : 7,87 %
 Mg : 19,08 %
 Ca : 41,14 %
 H+Al : 31,9 %



	Ministério da Educação		Governo do Estado do Paraná
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná		Secretaria de Agricultura e Abastecimento
	Campus Pato Branco		Instituto Agrônomo do Paraná
	Coordenação de Agronomia		

Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Prof. Michelle Milanez França	Laudo : 8907	Amostra:274
Endereço: Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Data: 16/11/2021	
Propriedade: Natalia V. Anderloni - Coleta 14/10/2021 - - PR		
Talhão: 2 - Solo c/ remineralização	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: UTFPR - Pesquisa	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	41,55	54,76	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	5,80
	MO gdm ⁻³	P mgdm ⁻³	K cmol _c .dm ⁻³	Cu mgdm ⁻³	Fe mgdm ⁻³	Zn mgdm ⁻³	Mn mgdm ⁻³	pH CaCl ₂

OBS: K(mgdm³): 312,80

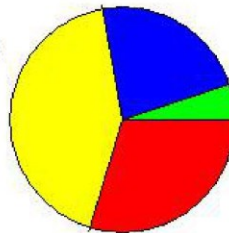
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	6,10	0,00	4,61	6,60	3,50	10,90	70,28	0,00
	Índice SMP	Al ³⁺ cmol _c .dm ⁻³	H+Al cmol _c .dm ⁻³	Ca cmol _c .dm ⁻³	Mg cmol _c .dm ⁻³	SB cmol _c .dm ⁻³	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em_cCa.Cl₂ 1:2,5
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹

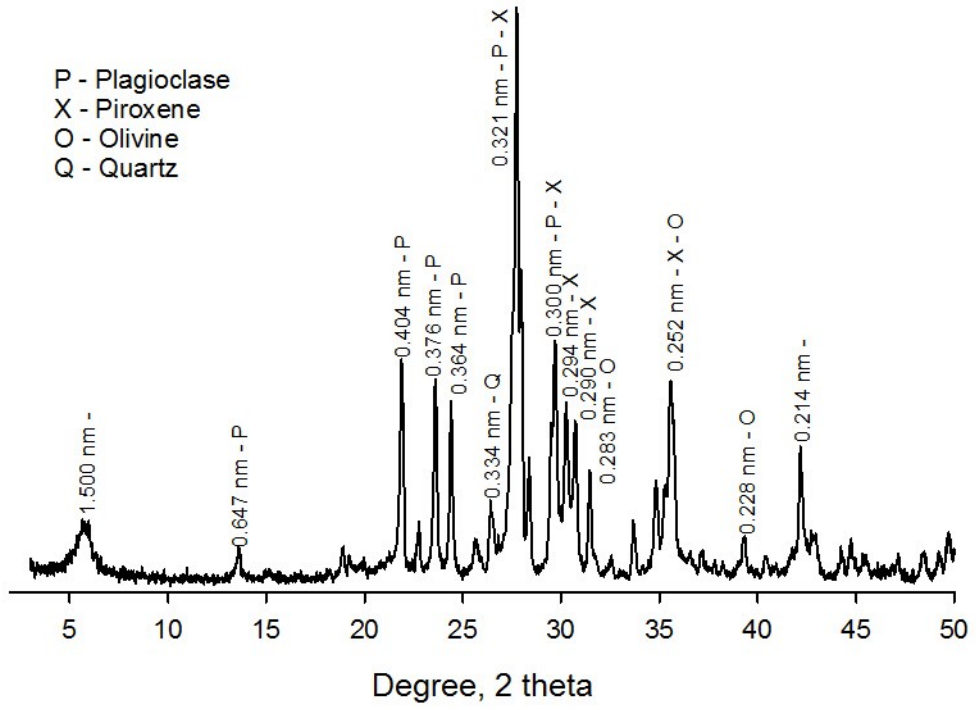
Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 15,51

K : 5,16 %
Mg : 22,57 %
Ca : 42,55 %
H+Al : 29,72 %



APÊNDICE B- Identificação de picos



APÊNDICE C-Roteiro da análise microbiológica

Materiais necessário para fazer os meios de cultura e a água Peptonada a 0,1%

- BDA- Bolores e leveduras;
- PCA- Bactérias;
- Peptone Bacteriological;
- 10 tubos de ensaio;
- 3 Erlenmeyer;
- Pipeta automática;
- Ponteiras para a pipeta;
- 24 Placas de Petri;
- Água destilada;
- 2 Bastões de vidro;
- Bico de Bunsen;
- Papel filme;
- Caneta e etiqueta para identificação;
- Luva (aquelas de cozinha);
- 3 Béquer;
- Álcool;
- Alça de Drigalsky;
- Papel kraft;

PASSO A PASSO

1º Passo: Ler o rótulo para realizar o preparo de 200 mL de BDA e 200 mL de PCA, no passo 2 está um exemplo de como realizar os cálculos.

2º Passo: Meio de Cultura

2.1- Preparar 200 mL de BDA

37g-----1000 mL

x-----200 mL

x= 7,4g de BDA

Colocar em um Erlenmeyer 7,4g de BDA, 200 mL de água destilada e homogeneizar. Levar para o micro-ondas por 40 seg (cuidar para não ferver), com o auxílio de um bastão de vidro misturar a solução e deixar por mais 40 seg (2x o mesmo procedimento).

2.2- Preparar 200 mL de PCA

37g-----1000 mL (água destilada)

x-----200 mL (água destilada)

x= 7,4 g de PCA

Colocar em um Erlenmeyer 7,4 g de PCA, 200 mL de água destilada e homogeneizar. Levar para o micro-ondas por 40 seg (cuidar para não ferver), com o auxílio de um bastão de vidro misturar a solução e deixar por mais 40 seg (2x o mesmo procedimento).

Preparar a água peptonada 0,1% (olhar no próximo tópico o passo a passo).

3º Passo: Autoclave

Esterilizar todo o material que será utilizado, incluindo os Erlenmeyer com os meios de cultura, a água peptonada e os tubos de ensaio, na autoclave à 121 °C por 15 min. As placas de Petri serão enroladas em papel kraft de 2 em 2 e as ponteiras para a pipeta automática em caixinhas para autoclavagem.

Posteriormente, as placas de Petri deverão ser levadas para a estufa à 60 °C durante 2h para a secagem do material e os Erlenmeyer que contém os meios de cultura também para que não haja solidificação do mesmo.

4º Passo: Placas de Petri (identificar)

Com as placas de Petri esterilizadas, em uma bancada devidamente higienizada, ligar 4 bicos de Bunsen (formando um retângulo) e deixar as placas de Petri ao meio (FECHADAS) com a parte menor em contato com a bancada até a secagem e realizar a identificação com o nome, BDA ou PCA e a data.

Após a secagem das placas, despejar em 12 placas o Erlenmeyer com a solução BDA e despejar em 12 placas o Erlenmeyer com a solução PCA.

Com a tampa semi aberta, esperar solidificar. Posteriormente, com o papel filme isolar as placas.

Por fim, levar para a geladeira e deixar a placa invertida (com a parte menor para cima).

ÁGUA PEPTONADA BACTERIOLÓGICA A 0,1%

PASSO A PASSO:

1º Passo: Para a solução de água peptonada 0,1%

225 mL de água peptonada a 0,1% para a amostra no Erlenmeyer e 9 mL em cada tubo de ensaio, totalizando 90 mL em 10 tubos de ensaio.

Total de água peptonada: 315 mL (para uma amostra de solo).

Para o preparo da solução a 0,1%:

0,1 g ----- 100 mL (água destilada)
 x----- 315 mL (água destilada)
x= 0,315 g de Peptona Bacteriológica

Em um Erlenmeyer adicionar 0,315g de Peptona Bacteriológica e 315 mL de água destilada.

225 mL ficará no Erlenmeyer e com o auxílio da pipeta automática, em 10 tubos de ensaio será distribuído 9 mL cada. Fechar o Erlenmeyer e os tubos de ensaio e levar para a autoclave à 121° C por 15 min.

E por fim, será mantido na geladeira juntamente com os meios de cultura.

ANÁLISE DE SOLO

PASSO A PASSO

1º Passo: Identificação

Retirar os meios de culturas da geladeira e identificar com: nome do meio de cultura, diluição, data e amostra.

2º Passo: Pesagem

Pesar 25 g da amostra de solo. No Erlenmeyer que contém 225 mL de água peptonada a 0,1%, flambar, adicionar os 25 g de solo, flambar novamente, tampar, misturar durante 2 min e deixar em repouso durante 5 min para sedimentação. Está será a diluição (1:10).

3º Passo: Diluições e identificação das placas de Petri

Com a pipeta automática, arrumar para coletar 1 mL e iniciar as diluições:

Erlenmeyer: 1:10

Tubo de ensaio (1): 1:100

Tubo de ensaio (2): 1:1000

Tubo de ensaio (3): 1:10.000 (NÃO SERÁ USADO)

Tubo de ensaio (4): 1:100.000

Tubo de ensaio (5): 1:1.000.000

Tubo de ensaio (6): 1:10.000.000

Diluições:

No Erlenmeyer que estará em repouso, será aberto, flambado, retirado 1mL, flambado novamente e fechado. Este 1 mL será transferido para o tubo de ensaio (1). Ao abrir o tubo de ensaio (1), deve ser flambado, adicionado o 1 mL da pipeta automática, flambado novamente, fechado e homogeneizado (diluição 1:100).

4º Passo: Ponteiras

A cada diluição deve ser trocada as ponteiras da pipeta automática.

5º Passo: Demais diluições

No tubo (1) de diluição 1:100 após a homogeneização, deverá ser flambado, retirado 1 mL, flambado novamente e fechado.

No tubo (2) (diluição 1:1000), deverá ser flambado, despejado o 1 mL da pipeta automática, flambado novamente, fechado e homogeneizado, e assim sucessivamente para os demais tubos de ensaio.

6º Passo:

BDA será utilizado as diluições: 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} [Erlenmeyer (3x), 1 (3x) e 2 (3x)];

PCA será utilizado as diluições: 10^{-5} , 10^{-6} e 10^{-7} [4 (3x), 5 (3x) e 6 (3x)].

***Análises em triplicata (3x)**

Nesses tubos de ensaios, serão retirados 0,1 mL da solução.

Será aberto o tubo, flambado, retirado 0,1 mL, flambado novamente e fechado. Perto do bico de Bunsen, a placa de Petri (parte menor para baixo) deverá ser aberta e despejado a solução na mesma.

7º Passo: Alça de Drigalsky

Com o auxílio da alça de Drigalsky, será espalhado por toda a placa de Petri. Então, flamba a alça, esfria na placa de Petri que NÃO contém o meio de cultura, após resfriar será espalhado o material, flamba novamente a alça e coloca no álcool 92/94 GL. Será realizado o mesmo processo para todas as placas de Petri.

8º Passo: Fechamento das placas

Com o papel filme, enrolar as placas de Petri e colocar a etiqueta de identificação

As placas PCA serão levadas para a estufa a 35°C por 48h (parte menor da placa para cima).

As placas BDA serão levadas para a geladeira a 25°C por 5 dias.

9º Passo: Limpeza da bancada

Limpar a bancada com álcool 70%.

ANEXO A - Lei n. 12.890, de 10 de dezembro de 2013



Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 12.890, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2013¹.

Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências..

O VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA no exercício do cargo de **PRESIDENTE DA REPÚBLICA** Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º A [Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980](#), passa a vigorar com as seguintes alterações:

“ [Art. 1º](#) A inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, são regidos pelas disposições desta Lei.” (NR)

“Art. 3º

.....

[e\)](#) remineralizador, o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo;

f) substrato para plantas, o produto usado como meio de crescimento de plantas.” (NR)

“ [Art. 4º](#) As pessoas físicas ou jurídicas que produzam ou comercializem fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas são obrigadas a promover o seu registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, conforme dispuser o regulamento.

.....” (NR)

Art. 2º A [Lei nº 6.894, de 16 de dezembro 1980](#), passa a vigorar com a seguinte ementa:

“Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências.”

Art. 3º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 10 de dezembro de 2013; 192º da Independência e 125º da República

MICHEL TEMER
Antônio Andrade
Edison Lobão
Izabella Mônica Vieira Teixeira

¹ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2013/lei/112890.htm