

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

LISMARA APARECIDA FERREIRA DA SILVA

**VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE REMINERALIZADORES COMO
ALTERNATIVA A FERTILIZANTES CONVENCIONAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2017

LISMARA APARECIDA FERREIRA DA SILVA

**VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE REMINERALIZADORES COMO
ALTERNATIVA A FERTILIZANTES CONVENCIONAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná –UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dra. Michelle Milanez
França

Co-orientador: Prof. Dr. Hernan Vielmo

FRANCISCO BELTRÃO

2017



Curso de Engenharia Ambiental

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

**(VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE REMINERALIZADORES COMO
ALTERNATIVA A FERTILIZANTES CONVENCIONAIS)**

por

(LISMARA APARECIDA FERREIRA DA SILVA)

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 15 horas e 50 min, do dia 19 de junho de 2017, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Avaliadora:

(Denise Andreia Szymczak)

Coordenadora do Curso de
Engenharia Ambiental

(Michelle Milanez França)

Professora Orientador

(Ediane Daleffe)

Membro da Banca

1

(Hernan Vielmo)

Professor Coorientador

(Denise Andreia Szymczak)

Professora do TCC2

¹ “O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado forças e permitir chegar ao fim dessa longa jornada.

Aos meus pais, Inês e Lauro, por dedicarem a mim todo amor, carinho, aconchego, conselhos, apoio, tempo, trabalho, paciência e atenção, sou eternamente grata, amo vocês.

Aos meus irmãos Douglas, José e André, por sempre estarem presente nas horas que precisei, por todo o carinho e incentivo para realização desse sonho, em especial agradeço a meu irmão André por todas as viagens prestadas para me trazer e buscar até Francisco Beltrão, pelo notebook emprestado, aonde no mesmo escrevi meu TCC, sou muito grata pela sua ajuda.

As minhas cunhadas Grasielle e Viviane por todo carinho, apoio e palavras de conforto.

As minhas sobrinhas por me proporcionar tantas alegrias durante esses anos.

A todos os professores em especial a Michelle Michelle Milanez França, e Hernan Vielmo, por me orientarem da melhor forma possível na conclusão deste curso.

As amigas que fiz ao longo de toda minha graduação, por toda diversão, aprendizado, e, boas energias, palavras e atitudes nos meus momentos difíceis. Dentre os inúmeros, os especiais, Barbara, Kelvin, Laís, Jordana, Caroline, Fernanda, Geovana, Roberta.

Aos que dividi um lar por estudar longe da casa de meus pais, vocês se tornaram essenciais no meu desenvolvimento pessoal e me trazem ótimas lembranças: Kelvin e Jordana.

Por fim, a todos que estiveram presente e ajudaram de alguma forma para alcançar esse sonho.

RESUMO

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

O uso de fertilizantes a base de pó de rocha é de grande importância na qualidade de vida da sociedade e do meio ambiente, pois diminui os impactos causados pelo uso de fertilizantes químicos, bem como diminuem a adição de químicos no ambiente e alimentos. Desta forma tem-se como objetivo analisar a eficácia do pó de basalto na agricultura, sendo este com granulometria menor que 0,074 mm. Dessa maneira serão realizadas análises do pó de rocha basáltica, verificando a composição, quantificando os óxidos existentes, além de analisar o pH. Com a implementação do estudo, espera-se aumentar a fertilidade e neutralizar o potencial hidrogeniônico do solo.

Palavras-chave: Rocha; Fertilizantes; Agricultura.

ABSTRACT

SILVA, F. A. Lismara. **Feasibility of using remineralizers as an alternative to conventional fertilizers**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Bacharelado em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2017.

The use of fertilizers based on rock dust and of great importance in the quality of life of society and the environment, as it reduces the impacts caused by the use of chemical fertilizers, as well as reduce the addition of chemicals in the environment and food. The objective of this study was to analyze the efficacy of basalt powder in agriculture, being the latter with grain size less than 0.074 mm. In this way, analyzes of the basaltic rock dust will be carried out, verifying the composition, quantifying the existing oxides, and analyzing the pH. With the implementation of the study, it is expected to increase fertility, and to neutralize the hydrogen ionic potential of the soil.

Keywords: Rock; Fertilizers; Agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da pedreira Dalba em Francisco Beltrão.	20
Figura 2 - Localização da pedreira Zancanaro em Pato Branco.	21
Figura 3. Amostra de pó de rocha.	24
Figura 4. Pó de rocha acondicionado em saco plástico.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores das amostras de pó de rocha.	26
Tabela 2. Caracterização química de macroatômos dos pós de rochas.	27
Tabela 3. Caracterização química de microatômos dos pós de rochas.	28
Tabela 4. Valores dos metais pesados.	29

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1 AGRICULTURA	14
4.2 AGROECOLOGIA	15
4.3 FERTILIZANTES CONVENCIONAIS	16
4.4 ROCHAGEM	16
4.5 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DA TÉCNICA DE ROCHAGEM	18
5. MATERIAL E MÉTODOS	20
5.1 ÁREA DE ESTUDO	20
5.2 PREPARO DAS AMOSTRAS	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
7. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
ANEXOS	36

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de fertilizantes é uma realidade devido ao aumento da produção agrícola. Insumos naturais, tanto orgânicos quanto minerais, podem suprir essa demanda por fertilizantes, desde que os teores de nutrientes disponíveis sejam compatíveis com os produtos encontrados no mercado. Para isso, é necessário saber a composição química dos mesmos, bem como destinar a utilização conforme a aptidão agrícola.

A utilização do pó de rocha na agricultura têm sido estudada nas últimas décadas como no trabalho de Melo *et al* (2012), onde foi analisado o efeito de doses de basalto moído no solo, o seu uso promoveu aumento nos teores de cálcio, magnésio, zinco, ferro e cobre no solo.

Segundo Erhart (2012) no seu trabalho foi avaliado no seu trabalho o efeito de basalto nas propriedades química do solo e nutrição da videira, pode-se observar que os tratamentos com pó de basalto afetaram pouco as características químicas do solo após um ano de avaliação do experimento.

De acordo com Lopes, Costa e Assad (2013) a solubilização de pó de basalto por meio de vinhaça pode ser propícia, pois ocorre a manutenção do pH ácido causando a alteração e provavelmente liberação de etapas minerais. Também o seu uso traz vantagens econômicas, ao mesmo tempo contribuindo para o aproveitamento de resíduos de mineração.

O trabalho sobre teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto, trouxe como intenção analisar o efeito do pó de rocha, combinado com o esterco bovino ou isolado, observou-se que o aumento de porcentagens de pó de rochas apresentou aumento no teor de fosforo dos grãos, já o teor de fitato conservou constante (SILVA *et al*, 2011).

No trabalho descrito por Rezende, Pelá (a), Pelá (b) (2013) que teve como objetivo avaliar a eficácia da adubação com pó de basalto, quando comparado à adubação orgânica no cultivo da alface. Obteve como considerações finais que o pó de basalto, quando usado de maneira separada ou associada ao esterco curral, não afetam a produtividade, já o esterco curral independente da adubação mineral, apresentou grande produtividade, promovendo o desenvolvimento da alface.

O uso de pó de rocha pode restaurar solos que sofrem com por processos de lixiviação, erosão, e aplicação de fertilizantes convencionais. Dessa maneira o pó aumenta produtividade e a fertilidade do solo, bem como favorecem o crescimento da planta, além de reduzir a utilização de insumos convencionais (SOUZA *et al*, 2011).

A rocha basáltica é oriunda de produtos vulcânicos originados ao magma existente na crosta, sendo o magma menos denso que as rochas ao seu redor, tendem a subir pelas fraturas da crosta, e assim causar uma erupção vulcânica, frequentemente na forma de derrames de lava. Os produtos originados do vulcanismo trazem importantes informações, quanto as suas condições físicoquímicas da formação de minerais (FAIRCHILD *et al*, 2009).

Assim sendo as lavas basálticas, as mais comuns nos derrames, distinguem por exibir uma coloração preta, apresentam em suas propriedades físicas e químicas menor viscosidade, devido ao baixo conteúdo de sílica. Outro tipo de derrame basáltico, pode ser chamado “em blocos”, aonde possuem uma crosta áspera rachada, esse derrame tem deslocamento irregulares amontoados ou em fragmentos.

Os solos provenientes dessas rochas possuem disponibilidade de ferro (Fe), fósforo (P), cálcio (Ca), cobre (Cu) e zinco (Zn), por outro lado, outros elementos que existem nessas rochas de fácil remoção são cálcio (Ca), manganês (Mg) e potássio (K) (REZENDE; PELÁ, 2013a, 2013b).

Visando a regulamentação desses produtos, a lei nº 12.890/2013 - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), autoriza a comercialização dos produtos de decomposição das rochas, também denominados remineralizadores, como uma categoria de insumo destinada à agricultura.

A região Sudoeste do Paraná é abundante em rochas vulcânicas básicas do terceiro planalto, como basalto, diorito, diabásio e gabro, dentro outras. Essas rochas possuem composição química abundante em metais alcalino-terrosos, como o cálcio, potássio e magnésio, que por sua vez, são os macronutrientes do solo.

A matéria prima utilizada no produto de remineralização é abundante nos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco e durante muito tempo as pedreiras da região estocaram esses materiais como rejeito de mineração. A possibilidade de utilizar esses materiais é de uma importância ambiental considerável, uma vez que possibilita a reutilização de um material que anteriormente era rejeito e envolveria remediação.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar se os remineralizadores encontrados em Francisco Beltrão e Pato Branco possuem potencial comercial de utilização.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Quantificar a composição química do pó de rocha basáltica.
- ✓ Analisar o pH.
- ✓ Quantificar os principais óxidos: oxido de Cálcio, oxido de magnésio, oxido de potássio, oxido de ferro, oxido de fósforo, oxido de manganês.
- ✓ Quantificar os metais pesados: cobre, zinco, bário, níquel e crômio.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 AGRICULTURA

A agricultura de forma mais natural, tem como principal finalidade a manutenção da produção agrícola, retornos econômico-financeiros atraentes, além de menores impactos ambientais, além de suprir as necessidades das populações da área rural (COLA; SIMÃO, 2012).

Sendo a agricultura um conjunto de técnicas para o cultivo de plantas, a qual tem como objetivo a obtenção de alimentos úteis ao homem, da mesma forma para a criação de animais. Um importante segmento da agricultura, é a agricultura familiar, a qual apresenta grande diversidade na estrutura agrária. Dessa forma vários estudos vêm sendo desenvolvidos para aumentar o conhecimento na agricultura familiar, sendo estas, formas do desenvolvimento no sistema capitalista, também sistemas de mercado (FINATTO, SALAMONI, 2008).

Dessa forma, a agricultura familiar brasileira é muito diversificada. Compreende produtores inseridos no moderno agronegócio, onde geram uma grande renda, como também famílias onde inclui propriedades de pequena extensão em condições de extrema pobreza (BUAINAIN, 2006)

A partir da década de 1960 houve processo de modernização da agricultura brasileira, com a chamada revolução verde, ocorrendo novas finalidades e formas de exploração agrícola, causando mudanças tanto na pecuária, quanto na agricultura (BALSAN, 2006).

Com isso ocorreu um grande avanço na produção de alimentos, em contrapartida incidiu em um maior uso de máquinas, e principalmente insumos agrícolas, sendo este causador de grandes impactos ambientais, como contaminação do solo, rios, lagos e o lençol freático, através do processo de lixiviação, isso ocorre devido a sua composição química (TEIXEIRA, 2005).

Depois da segunda guerra mundial, e após anos de uso e abusos de agrotóxicos, volta-se a realizar análise do emprego de insumos naturais, dessa maneira com a demanda de maior quantidade de fertilizante, provoca um maior preço, sendo este várias vezes sem necessidade, o que impulsiona verificação de pesquisas com adubação de rochas (REZENDE; PELÁ, 2013a, 2013b).

4.2 AGROECOLOGIA

A agroecologia pretende desenvolver as relações de harmonia entre o seu ambiente natural e o homem, diminuindo os impactos causados pelas atividades agrícolas no espaço, além de expandir os benefícios gerados pela agricultura para além do ambiente rural (FINATTO; SALAMONI, 2008).

Sendo assim a agroecologia é a ciência portadora de métodos e conceitos para um diálogo entre o científico e popular, trazendo condições para a inovação local, para assim que agro ecossistemas se desenvolvam conectados a ecossistemas naturais, do mesmo modo no ponto de vista técnico a agroecologia é orientada para a exploração de serviços e produtos advindos da biodiversidade (PETERSON; WEID; FERNANDES, 2009).

Dessa maneira a agroecologia nos lembra uma agricultura que causa menos danos ao meio ambiente, apresenta melhores condições econômicas aos agricultores, da mesma forma promove a inclusão social. Também trazemos junto a agroecologia a presença de produtos limpos, sem resíduos líquidos e ecológicos (CAPORAL; COSTABEBER, 2002).

Portanto a agroecologia busca agro ecossistemas sustentáveis, aonde procura estabelecer que a agricultura dependa cada vez menos de insumos externos a conservação de recursos naturais e produção agrícola. Desse modo os sistemas agroecológicos buscam elevar ao máximo a reciclagem de nutrientes e energia (AQUINO; ASSIS, 2007).

De acordo com Guzmán (2001) o conceito de desenvolvimento rural que é proposto, baseia-se na descoberta e em sistematizar, analisar o potencial dos elementos frente ao métodos de modernização. A agroecologia propõe então a reprodução de técnicas que desenvolvam o manejo de forma ecológica, utilizando recursos naturais, e os elementos especiais de cada lugar.

Para um desenvolvimento da agricultura sustentável, e necessário algumas mudanças, como redes e solidariedade do entre agricultores, também inovação tecnológica, essas mudanças não são possíveis sem movimentos sociais que inovem a vontade entre servidores públicos e o agricultor com sua capacidade de decidir, além disso e necessário uma transformação que seja conduzida a modificação ecológica na agricultura (ALTIERI, 2010).

4.3 FERTILIZANTES CONVENCIONAIS

Os insumos convencionais são analisados especialmente pelo seu teor e sua composição química dos nutrientes, sendo assim sua análise química avaliam se estão de acordo com o que a legislação prevê, e verificam suas especificações (RODELLA; ALCARDE, 1994).

Segundo Dias e Fernandes (2006) os fertilizantes convencionais tem como principais fontes produtos originados da mineração e da petroquímica, destacamos também a importância dos fertilizantes NPK, que são compostos por nitrogênio, fosforo e potássio, solos que não apresentar quantidade satisfatória dos nutrientes citados, ocorrerá prejuízo no crescimento, sendo o potássio responsável por as cargas no interior das células vegetais, fosforo pelos processos vitais das plantas, e o nitrogênio tem função de aumentar a produtividade.

O Brasil possui uma grande produção de alimentos devido ao uso de máquinas e sementes aperfeiçoadas e ao uso em grande escala de defensivos agrícolas, o uso elevado de defensivos do tipo NPK, vem sendo ameaçado, aonde os mesmos trazem uma alta produtividade, em contrapartida causam impactos ambientais. (PROFETA; BRAGA, 2012).

Dessa maneira com o uso intenso de insumos industriais na agricultura, o qual proporciona um retorno rápido, também traz grandes implicações ao meio ambiente, pois apresentam alta solubilização, degradando os recursos hídricos, por serem lixiviados com facilidade (COLA; SIMÃO, 2012).

4.4 ROCHAGEM

A rochagem é uma tecnologia empregada para a fertilização de solos por meio de aplicação de rochas moídas, tratando-se de uma opção para substituir o elevado uso de fertilizantes químicos, como também diminuir os impactos ambientais causados pelos mesmos (RAMOS *et al*, 2014).

Sendo assim a rocha basáltica apresenta em sua composição química, altos teores de ferro, cálcio e magnésio, já o basalto dito gramado proporciona baixos valores de titânio, são encontrados em maiores quantidades em regiões com elevadas emissões de CO₂ (SILVA, 2009). O basalto apresenta alta eficiência na neutralização

do pH, devido a presença de óxidos de cálcio e magnésio, também a adição de basalto ao solo proporciona aumento nos teores de ferro (Fe), zinco (Zn), e cobre (Cu), além disso o pó apresenta baixo custo para a agricultura (MELO *et al*, 2012).

O basalto contribui para a fertilidade do solo em função do predomínio de minerais, com facilidade de intemperismo e ricos em cátions, destacando-se os feldspatos cálcio sódicos e piroxênios, também são consideradas rochas básicas, contidas como um enorme material de origem de solos (REZENDE; PELÁ, 2013a, 2013b).

Com uma grande potencialidade para ser reutilizado como componente de substratos florestais, o pó de rocha basáltica contém elementos minerais importantes, como os macros nutrientes, os quais são, fósforo e potássio (EHLERS; ARRUDA, 2014).

Na busca de encontrar um fertilizante que apresente tanto macro como micronutrientes, e especialmente que possua baixo valor, umas das opções se torna a rocha basáltica, que além das propriedades mencionadas, também proporciona um aumento no pH (KNAPIK; ANGELO, 2007).

Sendo assim o fósforo e o macro nutriente de maior importância para o desenvolvimento de frutos, translocação de metais, balanço iônico e acionamento 14 enzimático, dessa forma o potássio é o segundo macro nutriente mais empregada no manejo da adubação de cultivos (ASSAD *et al*, 2006).

Contudo, nos últimos anos, motivou-se uma rede de pesquisa para estudar o potencial da utilização de rochas em âmbito nacional, onde outros tipos de rochas têm se mostrado promissoras no fornecimento de potássio, uma opção e a rocha basáltica, mesmo quando aplicadas “in natura”, simplesmente moídas. (RESENDE *et al*, 2006).

Segundo Silva, *et al* (2012) o pó de rocha pode representar uma opção aos fertilizantes químicos como fonte de nutrientes e a sua junção com materiais que proporcionam grande atividade biológica, como os excrementos animais, os quais influenciam na liberação de nutrientes para o solo como e no processo de alteração dos minerais.

De acordo com Melo *et al* (2012) pó basáltico pode ser oferecido como uma alternativa de fertilizante, também para a correção do solo, o que vai depender da composição rochosa, e suas condições do solo, e além do tamanho dos grãos do pó de rocha.

Ainda sobre o pó de rocha, este visa aumentar a fertilidade do solo, proporcionar uma boa produtividade e maior sustentabilidade agrícola. Também apresenta a potencialidade de alguns desses resíduos em causar o enriquecimento mineral de solos, prática chamada como rochagem do solo (PRATES *et al*, 2012).

Dessa maneira o pó obtido da britagem de rochas, pode ser reaproveitado para compor substratos, ao ser descartado no final do processo. Assim a junção do aproveitamento desse resíduo basáltico e a sua utilização de forma natural traz grandes benefícios, como a diminuição de impactos causados pela lixiviação. Contudo desde que não apresente contaminantes e traga melhoramento do solo (EHLERS; ARRUDA, 2014).

4.5 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DA TÉCNICA DE ROCHAGEM

Conforme Kölln *et al* (2009) foi analisado a produtividade da matéria seca de aveia em consórcio com azevém em sucessão e fontes alternativas de nutrientes na produção da soja, tendo como resultados, a junção de pó de rocha com ureia e adubo independência, apresentaram menor produção quando comparados ao padrão NPK (Nitrogênio, fósforo e potássio).

No estudo de Adubação verde associado a pó de basalto e fosfato natural em sistemas agroecológicos no sul do Paraná e norte de Santa Catarina, obteve-se o aperfeiçoamento da qualidade do solo, contudo para ocorrer efeitos mais precisos necessita-se de um maior tempo (SOUZA *et al*, 2011).

Outro estudo que tem como finalidade pesquisar o uso de rochas no Brasil, tem como destaque a técnica de solubilidade de potássio, sendo atingido resultados equivalentes à adição de fertilizantes comerciais, por meio rochagem (COLA; SIMÃO, 2012).

De acordo com Welter *et al* (2011) demonstrou em seu estudo a avaliação do desenvolvimento de mudas de camu-camu, concluindo-se que os tratamentos sem pó de basalto causam mudas de pouca produtividade, sendo analisado que as melhores mudas de camu-camu foram com a granulometria de 0,05 mm.

No estudo referente ao crescimento e produtividade de alface sob diferentes potenciais do preparado homeopático da farinha de rocha MB-4 (mistura de duas

rochas o biotitaxisto e serpentinito), não apresentaram influência no aumento e na produção de alface (JOSÉ; CUÉLLAR, 2009).

O trabalho sobre utilização do pó de basalto em substratos para mudas de *Eucalyptos grandis*, teve como objetivo analisar as implicações do pó, adicionado a diferentes doses com vermiculita (mineral expandido inerte, não tóxico), é o composto comercial de turfa, que contém casca de pinus compostada, obtendo como efeito, que o pó junto com misturas de vermiculita e composta turfa, é considerado um composto com grande potencial (EHLERS; ARRUDA, 2014).

Segundo Prates *et al* (2012) Por sua vez mostra como objetivo analisar o crescimento de mudas de pinhão-manso em resposta a adubação com base em superfosfato simples e pó-de-rocha, concluiu-se que o uso de pó-de-rocha como insumo natural, adjunto ao superfosfato simples, não apresentou influencia as 17 propriedades morfológicas do pinhão manso, por apresentar um tempo de 165 dias sendo o mesmo insuficiente para que ocorra a liberação de nutrientes para a muda.

Nesse sentido Vogt *et al* (2013) em seu estudo faz uma comparação de adubo orgânico com pó de rocha sobre a produtividade de quatro variedades de feijão como resultados obteve-se, que o aumento da dose de cama de aviário proporcionou ganhos na produtividade, em contrapartida o aumento da quantidade de pó de basalto não apresentou rendimentos na produtividade.

O Trabalho descrito por Ferreira, Almeida e Mafra (2009) apresentou a avaliação da utilização de pó de basaltos para a cultura do feijão, acompanhado ou não ao esterco bovino, onde foi concluído que não houve efeito positivo para o emprego do pó de basalto sobre a produtividade de grãos de feijão, provavelmente devido as poucas chuvas e ao curto período para a liberação de nutrientes.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 ÁREA DE ESTUDO

As amostras foram obtidas de duas pedreiras aonde duas foram da pedreira Dalba do município de Francisco Beltrão (Figura 1), sendo essas amostras uma de rejeito de mineração e a outra rejeito de usina de asfalto, já a terceira amostra foi adquirida na Pedreira Zancanaro do município de Pato Branco (Figura 2), sendo esta também rejeito de mineração.

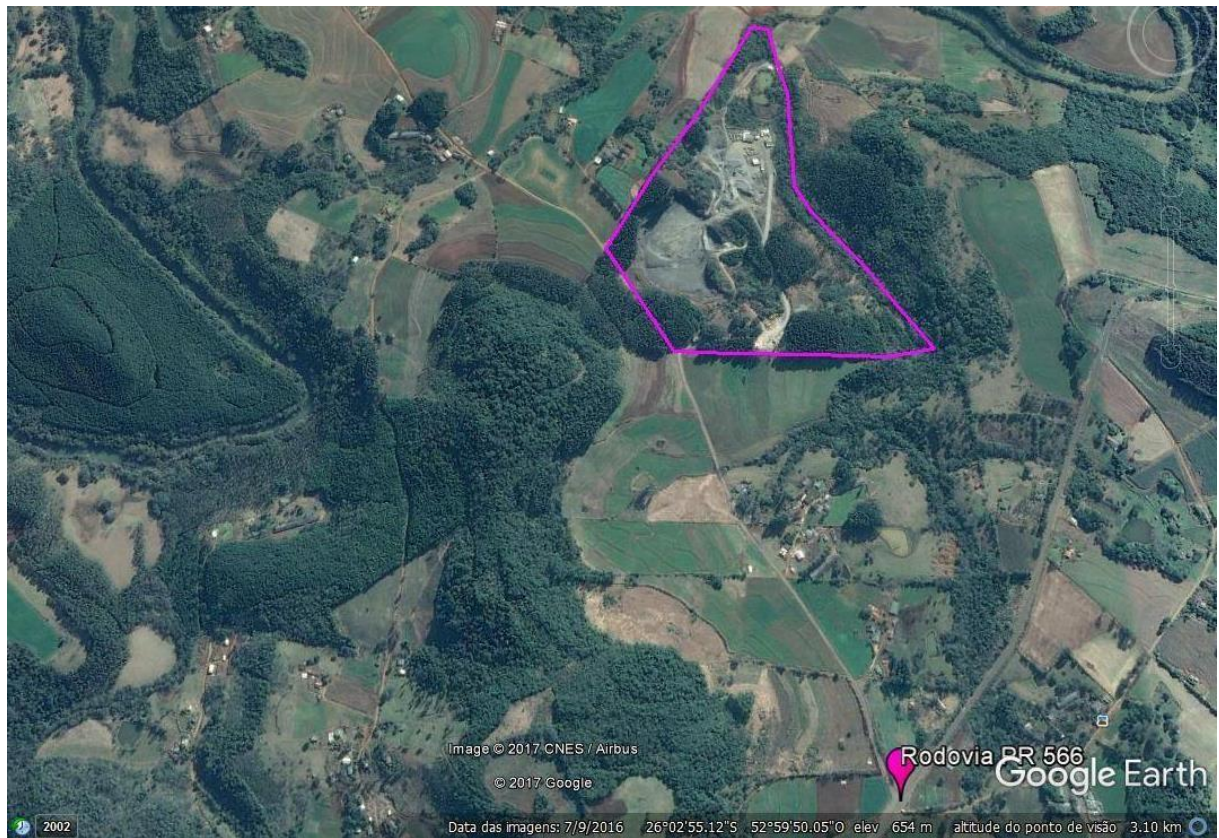


Figura 1 - Localização da pedreira Dalba em Francisco Beltrão.

Fonte: Google Earth.



Figura 2 - Localização da pedreira Zancanaro em Pato Branco.

Fonte: Google Earth.

5.1.1 FRANCISCO BELTRÃO

O município de Francisco Beltrão possui uma área de 735 km² e população de 78.943 habitantes. De acordo com a classificação climática de Wladimir Koeppen, possui clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com verões quentes e geadas frequentes, com precipitação média anual em torno de 2.000 mm, apresenta temperatura entre 18°C e 22°C, o município proporciona relevo como ondulado até montanhoso a escarpado nas encostas das maiores elevações. Predomina neste perfil o latossolo roxo, além de terra roxa, solos hidromórficos (MINEROPAR, 2002).

O latossolo roxo apresenta bastante profundidade, principalmente nas porções aplainadas do relevo, solos maduros que apresentam horizonte B bem desenvolvido, de composição argilosa, homogêneo, poroso e terra roxa estruturada nas encostas com declividade acentuada.

A Terra roxa exibe a presença de um horizonte sub-superficial de acumulação de argila e a situação topográfica em que ocorrem são algumas das causas relacionadas com a menor resistência desses solos à erosão.

Solos hidromórficos abrangem solos com horizonte A diretamente sobre a rocha não alterada. Este tipo de cobertura é comum na região, principalmente em zonas de relevo montanhoso e escarpado, com declividades (MINEROPAR, 2002).

As principais atividades econômicas, são a agricultura e a pecuária, indústria de produtos alimentícios, a indústria têxtil, o comércio varejista e a administração pública (IPARDES, 2010).

5.1.2 PATO BRANCO

O município conta com uma área de 539,087 km² e uma população de 72.370 habitantes. Trata-se de clima subtropical úmido mesotérmico (Entrefácies de CfaCfb), com verões frescos e invernos com ocorrências de geadas severas, possui temperatura variando de 18 ° C a 22° C, o município proporciona no relevo áreas planas ou suavemente onduladas e áreas de média a alta declividade. Predomina neste perfil solo residual maduro, solo residual jovem, solo transportado e Saprólito (MINEROPAR, 2002).

Solo residual maduro desenvolvido no local da própria alteração das rochas evoluídas pedogeneticamente, apresentando espessuras bem desenvolvidas, frequentemente com a presença de horizonte orgânico na porção superficial.

Solo residual jovem, solo pouco evoluído, início do processo pedogenético, com estrutura rocha original, eventualmente argilas expansivas. Já o Solo transportado os fragmentos rochosos são transportados ao longo de encostas de morros, possui características diferentes das rochas ou solos subjacentes.

Saprólito apresenta máximo grau de alteração da rocha, heterogêneo, estrutura original da rocha preservada, podendo ou não conter blocos, rocha alterada ou não, marcado pela perda de resistência dos minerais (MINEROPAR, 2002).

As principais atividades econômicas, são a agricultura e a pecuária, o comércio varejista e a administração pública (IPARDES, 2010).

5.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras de rochas basálticas (figura 3), foram obtidas do rejeito de pedreiras dos dois municípios, sendo duas amostras de Francisco Beltrão e uma de Pato branco. O peneiramento foi realizado para todas as amostras conforme a NBR 3310 (1996), no Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão.

Após o peneiramento, foram pesadas cerca de 200 g das frações granulométricas que passaram pela peneira de nº 270 mesh e acondicionadas em sacos plásticos (Imagem 4), para encaminhá-las às respectivas análises químicas de quantificação dos óxidos majoritários, como, P_2O_5 (óxido de fósforo), CaO (óxido de cálcio), MgO (óxido de magnésio) e K_2O (óxido de potássio), determinados por fluorescência de raios X e determinação dos metais pesados (cobre, zinco, bário, níquel e crômio) pelo método da Água Régia. As análises foram encaminhadas para o Laboratório SGS Geosol, localizado na cidade de Belo Horizonte – MG.

Para a análise por fluorescência de raio-X, sendo melhor descrito no Anexo III, as amostras foram fragmentadas em pedaços muito pequeno similar a um talco, são secas em estufa a $110^{\circ}C$, por um mínimo de uma hora, e esfriadas em um dessecador. Dois gramas de tetraborato de lítio e dois gramas de amostra são pesados em um frasco.

A amostra é completamente misturada e transferida para um cadinho de grafita. A mistura é então fundida em uma mufla a $1000^{\circ}C$ por um período de 30 a 40 minutos. Depois do excesso de grafita ser removido, o vidro fundido é quebrado e adiciona-se ácido bórico. A mistura é então pulverizada em um pulverizador de carboneto de tungstênio. Esta mistura é prensada a uma pressão de 250kN. As amostras são levadas para análise por Fluorescência de Raios-X.

O processo de determinação de metais pesados por água régia (Anexo I) a técnica de digestão gastou 3 minutos e utilizou 200mg de amostra, tratadas com 5mL de água régia e 2 mL de HF (Ácido fluorídrico), depois era adicionado 1 g de ácido bórico e aquecendo por mais 10 minutos, as amostras que apresentavam resíduos eram filtradas e todas foram diluídas para 100 mL.

Já a técnica para determinação de silício (Anexo IV) ocorre a decomposição das amostras aconteceu através de calcinação em mufla a 1000°C, a quantidade de amostra usada ficou em 2 gramas.

Para a análise de pH, foi pesada em um béquer 10 g de cada amostra e dissolvidas em 20 ml de água, após isso foi realizada a medição com o pHmetro.



Figura 3. Amostra de pó de rocha.
Fonte: Autoria própria, 2017.



Figura 4. Pó de rocha acondicionado em saco plástico.
Fonte: Autoria própria, 2017.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos obtidos do pó de rocha analisado de duas pedreiras do Sudoeste do Paraná foram comparados a um produto similar comercializado no mercado, denominado Ekosolos, cuja rocha fornecedora de nutrientes é o microgabro, material semelhante ao basalto. Para a comparação foram utilizados dados parciais das análises realizadas, as quais são apresentadas de forma completa no Anexo II. Em relação ao produto Ekosolos, não foram realizadas análises em laboratório, para comparação são utilizados dados fornecidos no site do produto, disponível em plataforma digital da empresa Ekosolos e apresentados no Anexo II.

Os resultados estão apresentados na tabela 1, onde FB1 é a amostra um de pó de basalto da pedreira de Francisco Beltrão, FB2 é a amostra dois da pedreira de Francisco Beltrão e PPB é a amostra do pó da pedreira do município de Pato Branco, na tabela 1 apresenta-se também os valores das amostras Ekosolos para fins de comparação.

Dessa forma analisando os óxidos do pó de basalto- Ekosolos apresentaram valores relativamente semelhantes aos dos pó adquiridos nas pedreiras. Na amostra PPB pôde-se observar que até 0,4% de P_2O_5 (óxido de fósforo), 7,9% de CaO (óxido de cálcio) e 4,62% de MgO (óxido de magnésio), já na amostra FB1 0,2% de P_2O_5 (óxido de fósforo), 9,8% de CaO (óxido de cálcio) e 5,9% de MgO (óxido de magnésio).

Teores mais elevados de potássio ocorreram em PPB, chegando até 1,3% de K_2O (óxido de potássio), logo no FB2 foi de até 0,3% de P_2O_5 (óxido de fósforo), 9,5% de CaO (óxido de cálcio) e 5,3% de MgO (óxido de magnésio), também podese observar que os metais pesados, os quais são metais que podem contaminar o meio ambiente, bem como provocar danos à saúde, sendo esses elementos com números menores que os do ekosolos, contribuindo para sua utilização nos solos.

Os valores mais elevados de metais pesados, foram cobre para FB1 com 252,8 ppm, FB2, 269,1 ppm, e PPB de 167,3 ppm, também zinco foi para FB1 63 ppm FB1, FB2 com 47 ppm e PPB de 70 ppm, além disso bário para FB1 com 54 ppm, FB2 foi 87 ppm, e PPB com 174 ppm, ainda níquel FB1 26,8 ppm, FB2 com 24,5 ppm, PPB de 15 ppm.

Nutrientes	Basalto (FB1)	Basalto (FB2)	Basalto (PPB)	Ekosolos (Pó A)	Ekosolos (Pó B)
SiO ₂ (%)	51,1	58,8	48,6	51,13	65,43
Al ₂ O ₃ (%)	13,2	13,8	12,1	13,99	12,41
TiO ₂ (%)	2,19	1,61	3,57	1,21	1,05
Fe ₂ O ₃ (%)	15,2	13,2	15,4	13,48	7,04
CaO (%)	9,86	9,51	7,96	10,79	3,28
MgO (%)	5,97	5,35	4,62	6,7	1,56
K ₂ O (%)	1,03	1,06	1,33	0,51	3,37
Na ₂ O (%)	2,28	2,42	2,22	2,1	4,01
MnO (%)	0,22	0,18	0,21	0,19	0,13
P ₂ O ₅ (%)	0,276	0,336	0,483	0,12	0,3
S (%)	<0,01	0,02	0,02	206	192
Zr (ppm)	30,0	27,8	69,6	103	174
Nb (ppm)	0,64	0,68	1,20	9	28
Y (ppm)	12,29	13,85	22,94	15	32
Rb (ppm)	2,8	2,5	9,2	13	173
Ba (ppm)	54	87	174	48	701
Cu (ppm)	252,8	269,1	167,3	181	150
Zn (ppm)	63	47	70	92	101
V (ppm)	290	206	143	139	114
Cr (ppm)	33	32	3	180	21
La (ppm)	14,8	17,9	23,1	22	52
Ni (ppm)	26,8	24,5	15,0	89	52
Co (ppm)	23,7	23,6	23,3	-	
Mo (ppm)	0,53	0,69	0,77		
Li (ppm)	1	1	10		
Se (ppm)	<1	<1	<1		
Co (ppm)	23,7	23,6	23,3		

Tabela 1. Valores das amostras de pó de rocha.

Fonte: Ekosolos.

Os números superiores para ekosolos foi crômio para pó A com 180 ppm, e pó B de 21 ppm, logo cobre apresentou pó A de 181 ppm, e pó B para 150 ppm, a seguir zinco ppm para pó A com 92 ppm e pó B com 101 ppm, também níquel para a amostra A 89 ppm e para a B 52 ppm.

Os teores dos micronutrientes avaliados (Mn, Fe, Cu, Zn, Co, Mo e Ni) foram maiores nas amostras PPB e FB1. Com valores de 0,22% de MnO (óxido de magnésio), para FB1 e 0,21 para PPB 15,4% de Fe₂O₃ (óxido de fosforo) para PPB e FB1 com 15,2%, Cu (cobre) apresentou valor maior para FB2 com 269,1 ppm e

FB1 com 252,8 ppm, PPB com 167,3 ppm, Zn (zinco), PPB com 70 ppm e FB1, 63 ppm, também Co (Cobalto) com FB1, 23,7 ppm, PPB, 23,3 ppm, Mo (Molibdênio) PPB com 0,77 ppm, FB1, 0,53 e Ni (Níquel), com FB1, 26,8 ppm e PPB, 15 ppm.

Alguns elementos potencialmente benéficos às plantas, como Li, Se, Co, V e La, foram encontrados em maiores valores em PPB e FB1. Lítio para PPB com 10 ppm, já FB1 e FB2 ambos com 1 ppm, Selênio proporcionou valores <1 para todas as amostras, Cobalto, ofereceu para FB1, 23,7 ppm, FB2, 23,6 ppm e PPB com 23,3 ppm, Vanádio para FB1, 290 ppm, FB2, 206 ppm, PPB, 143 ppm, logo Lantânio para FB1, 14,8 ppm, FB2 de 17,9 ppm, e PPB, 23,1 ppm.

Avaliando o estudo Borges *et al* (2013) sendo este aplicado no levantamento de rochas com potencial de uso para rochagem, foi apresentado os valores na tabela 2, sendo utilizado no estudo pós rochas de esteatito e de gnaïsse, verificou-se que os óxidos obtiveram valores a abaixo que os do estudo de pó de rocha basáltica. Como SiO₂ (óxido de silício) apresentou para esteatito 47,2% e gnaïsse 54,7%, já comparados aos pós de rocha das pedreiras estudadas, os valores foram 51,1% para FB1, 58,8% de FB2 e 48,6% de PPB de SiO₂ (óxido de silício), assim como a esteatito com 27,6%, e gnaïsse 2,4% de MgO (óxido de magnésio), 5,97% do FB1, 5,35% FB2 e 4,62% PPB, já P₂O₅ de esteatito foi 0,02%, gnaïsse 1,1%, bem como FB1, 0,27%, FB2, 0,33%, e PPB de 0,4%, CaO (óxido de cálcio) de esteatito 2,2% e de gnaïsse 6,1%, logo para os pó de rochas basálticos foram 9,8% FB1, 9,51% de FB2, 7,96%, PPB, K₂O (óxido de fósforo), esteatito<0,01, gnaïsse 2,5%, FB1 1,03%, FB2, 1,06% e PPB, 1,33%.

Macroelementos (%)	Esteatito	Gnaïsse	FB1	FB2	PPB
SiO ₂	47,2	54,7	51,1	58,8	48,6
Al ₂ O ₃	4,2	14,8	13,2	13,8	12,1
Fe ₂ O ₃	9,4	12,3	15,2	13,2	15,4
CaO	2,2	6,1	9,86	9,51	7,96
MgO	27,6	2,4	5,97	5,35	4,62
K ₂ O	<0,01	2,5	1,03	1,06	1,33
P ₂ O ₅	0,02	1,1	0,276	0,336	0,483
MnO	0,1	0,2	0,22	0,18	0,21

Tabela 2. Caracterização química de macroelementos dos pós de rochas.

Fonte: Adaptado de Borges.

Em relação aos metais pesados (Tabela 3) o cobre apresentou resultados menores de 39 ppm para esteatito e 11 ppm de gnaïsse sendo que FB1, FB2 e PPB apresentam exibiram valores de 252,8 ppm, 269,1 ppm e 167,3 ppm, logo o zinco para esteatito 841 ppm, gnaïsse 148 ppm, níquel para esteatito de 1556 ppm e gnaïsse 4,4 ppm e o cromo esteatito 1000,2 ppm e 14,3 ppm de gnaïsse, mostramse metais de valores mais elevados.

Microelementos (ppm)	Esteatito	Gnaïsse	FB1	FB2	PPB
Cu	39	11	253,8	269,1	167, 3
Zn	841	148	63	47	70
Ni	1556	4,4	26,8	24,5	15,0
Cr	1000,2	14,3	33	32	3

Tabela 3. Caracterização química de microelementos dos pós de rochas.

Fonte: Adaptado de Borges.

Comparando os valores das amostras de pó de rocha esteatito e gnaïsse (Tabelas 2 e 3) com as amostras de pó de rocha basalto, pôde-se observar que o pó basáltico apresenta valores maiores quanto aos óxidos de ferro, cálcio, fosforo, manganês, isso significa que o pó de rocha de basáltica possui um maior potencial para ser utilizado na agricultura.

A partir das análises químicas, o pó de rocha analisado tem um grande potencial para uso de rochas localmente disponíveis na região, especialmente a rocha basáltica FB1 (amostra 1 obtida na pedreira de Francisco Beltrão) e a rocha PPB (amostra obtida na pedreira de Pato Branco), aonde as mesmas se destacaram com valores pouco mais elevados quanto a seus óxidos de tálio, ferro, magnésio, manganês, quando estes comparadas a FB2 (amostra 2 obtida na pedreira de Francisco Beltrão), entretanto isso não significa que a amostra de pó de rocha FB2 não apresente potencial, apenas que quando comparada as outras amostras proporcionou valores significativos menores.

Quanto ao pH foi verificado que os valores da amostra FB1 ficou em 7,2, já FB2 apresentou 6,8, é PPB 7, apresentando eficiência para a neutralização da acidez potencial.

Para comparação dos valores quanto a aplicação do pó de rocha no solo, usou-se como resolução a nº420, de 28 de dezembro de 2009, aonde dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, sendo utilizada da resolução CONAMA o Anexo II, e a coluna para fins agrícola.

Para realizar a comparação junto a resolução CONAMA supracitada, os valores de referência e análises foram transferidos para a tabela 4, apresentada na sequência.

Metais pesados	FB1 (ppm)	FB2 (ppm)	PPB (ppm)	Metais pesados CONAMA N° 408/2009 (ppm)
Cu	252,8	269,1	167,3	200
Zn	63	47	70	450
Cr	33	32	3	150
Ba	54	87	174	300
Ni	26,8	24,5	15,0	70
Mo	0,53	0,69	0,77	50
Co	23,7	23,6	23,3	25
Se	<1	<1	<1	5

Tabela 4. Valores dos metais pesados.

Fonte: Adaptado da resolução CONAMA 408/2009.

Comparando os metais pesados com a resolução, pode-se observar que os valores dos metais pesados das pedreiras do sudoeste estiveram dentro dos padrões estabelecido pela resolução, o único valor que apresentou um valor mais elevado foi o Cu (cobre).

Sendo assim as rochas estudadas apresentaram teores expressivos de nutrientes essenciais e benéficos para as plantas, mas para a sua utilização é preciso que ocorra a imobilização do cobre presente nelas.

A imobilização deste metal pode ser realizada a partir de fungos como o *micorrízicos*, que realiza a extração de metais como Zn (Zinco), Cd (Cádmio), Cu (Cobre) e Pb (Chumbo) no crescimento pela braquiária, ocorrendo a imobilização dos metais (SILVA; SIQUEIRA; SOARES, 2006).

7. CONCLUSÕES

O presente trabalho alcançou os objetivos propostos como o de quantificação da composição química das rochas basálticas, análise o pH, os óxidos presentes e metais pesados.

Os pós de rochas da região sudoeste apresentam potencial quanto aos óxidos: óxido de Cálcio, óxido de magnésio, óxido de potássio, óxido de ferro, óxido de fósforo, óxido de manganês, para a comercialização desse produto, visto que os metais pesados estão dentro dos padrões exigidos pela resolução nº420, de 28 de dezembro de 2009, sendo apenas o cobre com valor mais elevado.

Dessa forma pode ser realizado a imobilização do cobre segundo Silva, Siqueira; Soares (2006), através de fungos *micorrízicos*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTERI, A. Miguel; Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista nera**, n. 16, janeiro/junho de 2010.
- AQUINO, M. Maria; ASSIS, L. Renato; Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. **Ambiente & Sociedade**, Campinas v. X, n. 1, p. 137-150, jan/jun. 2007.
- ASSAD, L. L. Maria; ROSA, M. Márcia; ERLER, Greice; ANTONINI, C. R. Sandra; Solubilização de pó-de-rocha por *aspergillus niger*. **Espaço & Geografia**, v. 9, n.1, 2006.
- BALSAN, Rosane; Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Revista de geografia agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-151, agosto 2006.
- BATAGLIA, C. Ondino; SANTOS, D. R. Wagner; GONÇALVES, S. Paulo; JUNIOR, S. Ivo; CARDOSO, Mário; Efeito da adubação NPK sobre o período de imaturidade da seringueira. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n.2, p. 363-374, 1999.
- BUAINAIN, M. Antônio. Agricultura Familiar, Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável: Questões para debate. 1º edição, novembro de 2006. 135 páginas.
- CAPORAL, R. Francisco; COSTABEBER, A. José; Agroecologia. Enfoque científico e estratégico. **Agroecol. e Desenv. Rur. Sustent**, Porto Alegre, v.3, n.2, abr./junh.2002.
- COLA, A. P. Geovana; SIMÃO, P. B. João; Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v. 7, n. 4, p. 15-27, out-dez, 2012.
- Congresso Brasileiro de Agroecologia. Porto Alegre/RS –2013. **Rochas com potencial de uso para rochagem na região do Alto Paranaíba (MG) e entorno**. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Vol 8, No. 2, 25 a 28/11/2013.
- COSTA, S. C Antonio; ALMEIDA C. Vitor; LENZI Ervim; NOZAK Jorge; Determinação de cobre, alumínio e ferro em solos derivados do basalto através de extrações sequenciais. **Quim. Nova**, v. 25, n. 4, pag. 548-552, 2002.
- DIAS, P. Victor; FERNANDES Eduardo; Fertilizantes: uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set. 2006.
- EHLERS, Tiago; ARRUDA, F. S. O. Guilherme; Utilização do Pó de Basalto em Substratos para Mudanças de *Eucalyptos gradis*. **Floresta e Ambiente**, v.21, n. 1, p. 3744, 2014.

ERHART, Joni; “**Efeito do pó de basalto nas propriedades químicas do solo e nutrição da videira**”. 72 folhas. Dissertação de mestrado –Universidade do estado de santa Catarina, Lages- SC, 2009.

Disponível em: < <http://ekosolos.com.br/> >, Acesso em: 16/05/2017.

FAIRCHID, R. Thomas; TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, M. Cristina; TAIOLI, Fabio; **Decifrando a terra**. 2. ed. Companhia editora nacional, 2009. 624 p.

FERREIRA, C. N. R. Élen; ALMEIDA, A. Jaime; MAFRA, L. Álvaro; Pó de basalto, desenvolvimento e nutrição do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e propriedades químicas de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agro veterinárias**. Lages, v.8, n.2, p. 111-121, 2009.

FINATTO, A. Roberto; SALAMONI, Giancarla; Agricultura familiar e agroecologia: perfil da produção de base agroecológica do município de pelotas/RS. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n.2, p. 199-217, Dez. 2008.

GUZMÁN, S. Eduardo; Uma estratégia de sustentabilidade a partir da Agroecologia. **Agroecol. e Desenv. Rur. Sustent**, Porto Alegre, v.2, n.1, jan./mar.2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados gerais do município**. 2014.

IPARDES. Instituto Paranaense de desenvolvimento econômico e social. 2010.

Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?codlocal=139&btOk=ok>. Acessado em: 07 de dezembro de 2016.

KNAPIK, G. Juliane; ANGELO, C. Alessandro; crescimento de mudas de *prunus sellowii koehne* em resposta a adubações com NPK e pó de basalto. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 37, n. 2, mai/ago. 2007.

KÖLLN, O. Tiago; ORTOLAN, Cristiano; MICHALOVICZ, Leandro; MEERT, Leandro; MULLER, M. L. Marcelo; Pó de basalto e biofertilizantes na cultura da soja em sucessão a aveia + azevem. **Rev. Bras. De Agroecologia**, v.4 n. 2, nov. 2009.

JOSÉ, K. Wlamir; CUÉLLAR, John O. O.; Crescimento e Produtividade de Alface (*Lactuca sativa* L.) sob Diferentes Potências do Preparado Homeopático da Farinha de Rocha MB-4. **Rev. Bras. De Agroecologia**, v. 4, n. 2, nov. 2009.

LOPES, M. M. Otavio; COSTA, G. Leandro; ASSAD, L. L. Maria; Solubilização de pó de basalto por meio de vinhaça: variação de pH e nutrientes disponíveis. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v.10, n. 2, p. 175-188, mar/abr. 2013.

MELO, F. Valdinar; UCHÔA, P. C. Sandra; DIAS, O. Flávio; BARBOSA, F. Gilvan; Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **ACTA Amazonica**, vol. 42, n. 4, p. 471–476, 2012.

MINEROPAR (2002) –Projeto Riquezas Minerais –Avaliação do potencial mineral e consultoria técnica no município de Francisco Beltrão. Curitiba, Set. 2002.

NALON, M. Joel; OLIVEIRA, R. F. João; Avaliação do Uso de Pó de Basalto e Hiperfosfato de Gafsa na Cultura de Milho em Sucessão a Coquetel de Adubos Verdes no Município de Bituruna-PR. **Rev. Bras. De Agroecologia**, v. 4 n. 2, nov. 2009.

Norma Brasileira nº 3310 de agosto de 1997. **Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação - Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico.**

PETERSEN, F. Paulo; WEID, D. V. M. Jean; FERNANDES, B. Gabriel; Agroecologia: reconciliando agricultura e natureza. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.30, n.252, set./out. 2009.

RAMOS, G. C; SILVA; S. G; MELLO, G. A; LEÃO, B. F; KAUTZMAN, M.R; Caracterização de rocha vulcânica ácida para aplicação em rochagem. **Comunicações Geológicas**, Especial III, 2014.

RESENDE, V. Álvaro; MARTINS, S. Éder; OLIVEIRA, G. Claudinei; SENA, C. Mariana; MACHADO, T. T. Cynthia; KINPARA, I. Daniel; FILHO, O. C. Eduardo; Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura Brasileira. **Espaço & Geografia**, v. 9, n.1, 2006.

Resolução nº420, de 28 de dezembro de 2009. **Critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.** Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 16 de junho de 2017.

REZENDE, P. Thiago; PELÁ, Adilson; PELÁ, M. Gláucia; Uso de Pó de Basalto como Alternativa na Adubação da Cultura da Alface. **Revista Processos Químicos**, Jan/Jun 2013.

RODELLA, A.A.; ALCARDE, J.C; Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. **Sci. Agric**, Piracicaba, v. 51, n.3, p. 556-562, set/nov. 1994.

PETERSON; F. Paulo; WEID, D. V. M. Jean; FERNANDES, B. Gabriel; Agroecologia: reconciliando agricultura e natureza. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.30, n.252, set./out. 2009.

PRATES, S. B. Fabiano; LUCAS, G. S. Camila; SAMPAIO, A. Regynaldo; JUNIOR, B. S. Delacyr; FERNADES, A. Luiz; JUNIO, Z. R. Geraldo; Crescimento de mudas de pinhão-manso em resposta a adubação com superfosfato simples e pó-de-rocha. **Revista Ciência Agrônômica**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, v. 43, n. 2, p. 207-213, abr/jun, 2012.

PROFETA, A. Graciela; BRAGA, J. Marcelo; Poder de Mercado na Indústria Brasileira de Fertilizantes Npk, no Período de 1993-2006. **RESR**, Piracicaba, SP, vol. 49, nº 04, p. 837-856, out/dez 2011 – Impressa em Janeiro de 2012.

SILVA, C. Patrícia; **Carbonatação de basalto para armazenamento de Carbono**. Agosto de 2009. 68 folhas. Dissertação (Engenharia e Tecnologia em Alimentos) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SILVA, D. Alinne; ALMEIDA, J. Antonio; SCHMITT, Catiline; COELHO, M. M Cileide; Avaliação dos efeitos da aplicação de basalto moído na fertilidade do solo e nutrição de eucaliptos benthamii. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 42, n. 1, p. 69 - 76, jan/mar 2012.

LVA, Alinne; PEREIRA Tamara; COELHO, M. M. Cileide; ALMEIDA, A. Jaime; SCHMITT, Catiline; Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 147-152, 2011

SILVA, O. D. F. Martin; COSTA, M. Leticia. A indústria de defensivos agrícolas. **BNDES Setorial**, v. 35, p. 233 – 276, 2011.

SILVA, Silvana; SIQUEIRA, O. José; SOUZA, F. R. Cláudio. Fungos micorrízicos no crescimento e na extração de metais pesados pela braquiária em solo contaminado. **Pesq. agropec. bras**, Brasília, v.41, n.12, p.1749-1757, dez. 2006.

SOUZA, I. Deborah; FAGOTTI, L. Dáfila; SATURNO, F. Diogo; CEREZINI, Paula; CERVANTES, M.N Vivian; NOGUEIRA, A. Marco; Adubação verde associado a pó de basalto e fosfato natural em sistemas agroecológicos no sul do Paraná e norte de Santa Catarina. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n. 2, Dez. 2011.

TEIXEIRA, C. Jodenir; Modernização da agricultura no Brasil: Impactos Econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas-MS, v. 2, n. 2 – ano 2, Setembro de 2005.

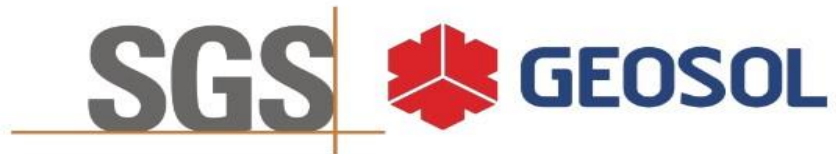
VOGT, G. Adriano; BACKES, L. Rogério; GALLOTTI, M. J. Gilson; SOUZA, M. José, SAGAZ, M. Adriano; MEISTER, P. Danilo Paiva; MEISTER, A. Luiz; Produtividade de variedades locais de feijão em diferentes doses de cama de aviário e pó de basalto. **Cadernos de Agroecologia**, v.8, n. 2, Nov. 2013.

WELTER, K. Marina; MELO, F. Valdinar; BRUCKNER, H. Cláudio; GÓES, D. P. T. Helen; CHAGAS, A. Edvan; UCHÔA, P. C. Sandra; Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 922-931, Set. 2011.

ANEXOS

ANEXO I – Determinação de metais por água régia.

Determinação de Metais por Água Régia – AAS ou ICP

**1. MATRIZ DA AMOSTRA**

Amostra geoquímicas de rocha, solo, testemunho.

2. QUANTIDADE DE AMOSTRA

10 gramas.

3. MÉTODO DE ANÁLISE

Decomposição das amostras através de abertura por água régia (HCl e HNO₃) na determinação de diversos elementos. Leitura por Absorção Atômica ou ICPOES ou ICPMS.

Aplicável somente para amostras geoquímicas, com o propósito de reconhecimento regional. Não dissolve silicatos. Abertura parcial.

4. LIMITE DE DETECÇÃO

Elemento	Limite Inferior			Limite Superior			Unidade de reporte
	AAS14B	ICP14B	ICM14B	AAS14B	ICP14B	ICM14B	
Ag	1	1	0,01	5000	10000	10	PPM
Al	-	0,01	0,01	-	15	15	%
As	500	5	1	0	10000	10000	PPM
B	-	10	10	-	10000	10000	PPM
Ba	-	1	5	-	10000	10000	PPM
Be	-	1	0,1	-	10000	100	PPM
Bi	10	10	0,02	5000	10000	10000	PPM
Ca	-	0,01	0,01	-	15	15	%
Cd	1	1	0,01	5000	10000	10000	PPM
Ce	-	-	0,05	-	-	1000	PPM
Co	2	3	0,1	5000	10000	10000	PPM
Cr	2	1	1	5000	10000	10000	PPM
Cs	-	-	0,05	-	-	1000	PPM
Cu	2	1	0,5	5000	10000	10000	PPM
Fe	2	0,01	0,01	5000	15	15	PPM / %

AAS14B – ICP14B – ICM14B

Data: 02/12/16

Revisão: 01

Página 1 de 3

Determinação de Metais por Água Régia – AAS ou ICP



AAS14B – ICP14B – ICM14B

Data: 02/12/16
Revisão: 01
Página 2 de 3

Elemento	Limite Inferior			Limite Superior			Unidade de reporte
	AAS14B	ICP14B	ICM14B	AAS14B	ICP14B	ICM14B	
Ga	-	-	0,1	-	-	10000	PPM
Ge	-	-	0,1	-	-	10000	PPM
Hf	-	-	0,05	-	-	500	PPM
Hg	-	-	0,01	-	-	10000	PPM
In	-	-	0,02	-	-	500	PPM
K	-	0,01	0,01	-	15	15	%
La	-	10	0,1	-	10000	10000	PPM
Li	5	1	1	5000	10000	50000	PPM
Lu	-	-	0,01	-	-	1000	PPM
Mg	-	0,01	0,01	-	15	15	%
Mn	2	0,01	5	5000	15	10000	PPM / %
Mo	5	1	0,05	5000	10000	10000	PPM
Na	-	0,01	0,01	-	15	15	%
Nb	-	-	0,05	-	-	1000	PPM
Ni	2	1	0,5	5000	10000	10000	PPM
P	-	0,01	50	-	15	10000	% / PPM
Pb	5	3	0,2	5000	10000	10000	PPM
Rb	-	-	0,2	-	-	10000	PPM
Re	-	-	0,1	-	-	10000	PPM
S	-	-	0,01	-	-	5	%
Sb	-	5	0,05	-	10000	10000	PPM
Sc	-	3	0,1	-	10000	10000	PPM
Se	-	10	1	-	10000	1000	PPM
Sn	-	10	0,3	-	10000	1000	PPM
Sr	-	1	0,5	-	10000	10000	PPM

Determinação de Metais por Água Régia – AAS ou ICP



AAS14B – ICP14B – ICM14B

Elemento	Limite Inferior			Limite Superior			Unidade de reporte
	AAS14B	ICP14B	ICM14B	AAS14B	ICP14B	ICM14B	
Ta	-	-	0,05	-	-	10000	PPM
Tb	-	-	0,02	-	-	10000	PPM
Te	-	-	0,05	-	-	1000	PPM
Th	-	10	0,1	-	10000	10000	PPM
Ti	-	0,01	0,01	-	15	15	%
Tl	-	10	0,02	-	10000	10000	PPM
U	-	10	0,05	-	10000	10000	PPM
V	10	3	1	5000	10000	10000	PPM
W	-	10	0,1	-	10000	10000	PPM
Y	-	1	0,05	-	10000	10000	PPM
Yb	-	-	0,1	-	-	100	PPM
Zn	2	1	1	5000	10000	10000	PPM
Zr	-	1	0,5	-	10000	10000	PPM

Nota:

- 1- Os elementos Ag, Al, Ba, Be, Ca, Cr, Fe, K, La, Mg, Mn, Na, P, Sn, Sr, Ti, V, W e Zr tendem a ser parcial dependendo da mineralogia da amostra
- 2- Os elementos As, Sb podem volatilizar durante o processo de digestão ácida.

Data: 02/12/16

Revisão: 01

Página 3 de 3

QUÍMICA TOTAL DO PÓ DE BASALTO - EKOSOLOS

Nutrientes		Pó A	Pó B
SiO ₂	(%)	51,13	65,46
Al ₂ O ₃	(%)	13,99	12,41
TiO ₂	(%)	1,21	1,05
Fe ₂ O ₃	(%)	13,48	7,04
CaO	(%)	10,79	3,28
MgO	(%)	6,7	1,56
K ₂ O	(%)	0,51	3,37
Na ₂ O	(%)	2,1	4,01
MnO	(%)	0,19	0,13
P ₂ O ₅	(%)	0,12	0,3
S	(ppm)	206	192
Zr	(ppm)	103	174
Nb	(ppm)	9	28
Y	(ppm)	15	32
Rb	(ppm)	13	173
Ba	(ppm)	48	701
Cu	(ppm)	181	150
Zn	(ppm)	92	101
V	(ppm)	139	114
Cr	(ppm)	180	21
La	(ppm)	22	52
Ni	(ppm)	89	52

Nota: Pó de Basalto - A - Micro-gabro, pó de Basalto B - Latito Basáltico.

As análises foram realizadas pela Universidade Federal do Paraná.

ANEXO III – Análise de rocha total através de pastilha fundida e quantificação por fluorescência de raios X.

Análise de rocha total através de pastilha fundida e quantificação por Fluorescência de Raios X



1. MATRIZ DA AMOSTRA

Amostra geoquímicas de rocha e de solo.

2. QUANTIDADE DE AMOSTRA

2 gramas.

3. MÉTODO DE ANÁLISE

Decomposição das amostras através de fusão em máquina automática com tetraborato de lítio e leitura da pastilha fundida por espectrofotômetro de RX.

4. LIMITES DE DETECÇÃO

Elemento	Limite Inferior	Limite Superior	Unidade de reporte
Al ₂ O ₃	0,1	100	%
BaO	0,01	65	%
CaO	0,01	70	%
Co	0,005	0,24	%
Cr ₂ O ₃	0,01	50	%
Cu	0,01	1	%
Fe	0,007	72	%
Fe ₂ O ₃	0,01	103	%
K ₂ O	0,01	18	%
MgO	0,1	100	%
Mn	0,008	58	%
MnO	0,01	75	%
Na ₂ O	0,1	12	%

XRF79C

Análise de rocha total através de pastilha fundida e quantificação por Fluorescência de Raios X



XRF79C

Elemento	Limite Inferior	Limite Superior	Unidade de reporte
Nb ₂ O ₅	0,05	15	%
Ni	0,008	6	%
NiO	0,01	8	%
P	0,005	20	%
P ₂ O ₅	0,01	45	%
PbO	0,01	11	%
SiO ₂	0,1	99	%
SnO ₂	0,01	5	%
SrO	0,01	1,2	%
Ta ₂ O ₅	0,05	5	%
ThO ₂	0,01	4	%
TiO ₂	0,05	100	%
U ₃ O ₈	0,01	10	%
V ₂ O ₅	0,01	15	%
WO ₃	0,01	5	%
ZnO	0,01	87	%
ZrO ₂	0,01	70	%

Data: 07/04/17
Revisão: 04
Página 2 de 2

ANEXO IV– Determinação de perda ao fogo em mufla.

Determinação de Perda ao Fogo em Mufla



1. MATRIZ DA AMOSTRA

Amostra geoquímicas de rocha e de solo.

2. QUANTIDADE DE AMOSTRA

2 gramas.

3. MÉTODO DE ANÁLISE

Decomposição das amostras através de calcinação em mufla a 1000°C

4. LIMITE DE DETECÇÃO

Elemento	Limite Inferior	Limite Superior	Unidade de reporte
PF	- 45	100	%

PHY01E