

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Raquel Batista dos Santos

**VIABILIDADE DO USO DE REMINERALIZADORES DO
SOLO PARA A RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM
DEGRADADA NO ESTADO DO TOCANTINS**

**Taubaté – SP
2022**

Raquel Batista dos Santos

**VIABILIDADE DO USO DE REMINERALIZADORES DO
SOLO PARA A RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM
DEGRADADA NO ESTADO DO TOCANTINS**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre em Ciências Ambientais pelo
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar Raposo de
Almeida

**Taubaté – SP
2022**

Raquel Batista dos Santos

**VIABILIDADE DO USO DE REMINERALIZADORES DO
SOLO PARA A RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM
DEGRADADA NO ESTADO DO TOCANTINS**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre em Ciências Ambientais pelo
de Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar R. de Almeida.

Data: 24 de março de 2022.

Resultado: APROVADA

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Julio Cesar Raposo de Almeida

Universidade de Taubaté

Profa. Dra. Adriana Mascarete Labinas

Universidade de Taubaté

Prof. Dr. Mauro Gomes dos Santos

Instituto Federal do Tocantins

**Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBi
Universidade de Taubaté - UNITAU**

S237v Santos, Raquel Batista dos
Viabilidade do uso de remineralizadores do solo para a
recuperação de pastagem degradada no estado do Tocantins.
/ Raquel Batista dos Santos. -- 2022.
48 f. : il.

Monografia (mestrado) - Universidade de Taubaté,
Departamento de Ciências Agrárias, 2022.
Orientação: Prof. Me. Júlio César Raposo de Almeida.
Departamento de Ciências Agrárias.

1. Pó de rocha. 2. Fonolito. 3. Rochagem. 4. Recuperação de
pastagem. I. Universidade de Taubaté. Departamento de
Ciências Agrárias. Mestrado em Ciências Ambientais. II.
Título.

CDD – 631.422

Minha família pela compreensão e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido saúde, sabedoria e determinação para não desanimar durante a realização desta pesquisa.

Gratidão eterna aos meus pais Edmundo Feitosa Batista e Francisca das Chagas Pires dos Santos por terem me incentivados desde o início da minha vida estudantil, desde a primeira vez que fui a uma escola até hoje.

Em especial a quem me acompanhou nas horas de desespero, meu esposo Leonardo Alves de Andrade e minha filha Skylla Batista de Andrade, que tanto me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos meus irmãos Gerson Fernando dos Santos Carvalho e Daniele Batista dos Santos, muito obrigada pelo carinho de sempre e aos meus sobrinhos e sobrinhas, obrigada, de coração, cheio de felicidades.

Aos meus professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram aprimorar minha formação profissional, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Julio Cesar Raposo de Almeida.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

À instituição de ensino UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo desta caminhada.

Tudo posso naquele que me fortalece.

Filipenses 4.13

RESUMO

Na atual conjuntura mundial, os pós de rocha ou remineralizadores são considerados uma opção estratégica e mais sustentável para diminuir a dependência do Brasil a fertilizantes minerais importados que são largamente utilizados como fonte de macro e micronutrientes e indispensáveis à recuperação de solos degradados. Contudo, o custo do transporte entre o local de produção (jazida) e o local de aplicação, muitas vezes limita a adoção dessa tecnologia. Objetivando comparar os custos financeiros envolvidos na recuperação de pastagens degradadas com o uso de um fertilizante derivado da rocha fonolito (Ekosil) e um fertilizante mineral convencional (KCl), bem como estabelecer a distância de máxima viabilidade econômica para o transporte dos remineralizadores realizou-se um estudo de caso em uma propriedade rural de 100ha localizada no município de Sítio Novo do Tocantins (TO). O estudo, demonstrou que a utilização do Ekosil possibilitou economia de 3,36% de em relação ao uso do KCl e, ao se comparar as despesas com o transporte realizado por um caminhão com capacidade de carga de 14 toneladas e uma carreta com capacidade de carga de 23 toneladas, constatou-se que as distâncias máximas economicamente viável para o transporte do produto foram 3407 e 4959 km, respectivamente. Desse modo, a substituição do KCl pelo Ekosil se torna viável mesmo para regiões distantes da fonte quando a aquisição for realizada em grandes quantidades.

Palavras - chave: pó de rocha, fonolito. rochagem. recuperação de pastagem.

ABSTRACT

Rock powders or soil remineralizers are considered a strategic and more sustainable option to reduce Brazilian dependence for fertilizers that are widely used to recover degraded soils. However, the cost of transport between the production site and the application site often limits the adoption of this technology. In order to compare the financial costs involved in the recovery of degraded pastures with the use of a fertilizer derived from phonolite rock powder (Ekosil) and KCl, as well as to establish the distance of maximum economic viability for the transport of remineralizers, a study in a farm located at 100ha rural of Sítio Novo do Tocantins (TO). The study showed that the use of phonolite rock powder enabled savings of 3.36% in relation to the use of KCl and, when comparing the costs of transport by two trucks (14 and 23 tons of capacity), it was found that the maximum distances economically viable for the transport of the product were 3407 and 4959 km, respectively. In this way, the replacement of KCl by phonolite rock powder becomes profitable even for regions distant from the source when the acquisition is carried out in large quantities.

Keywords: phonolite, rock powder, stonemeal, pasture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação percentual do preço do KCl no estado do Mato Grosso entre 2010 e 2015	25
Figura 2 - Mapa do Tocantins com destaque de Sítio Novo do Tocantins	27
Figura 3 – Valor mínimo de frete por tonelada e função da distância considerado e da capacidade de carga. Caminhão truck (14.000kg) e Carreta (23.000kg)	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos para registro de remineralizadores junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Instrução Normativa N°5 de 2016).	17
Tabela 2 - Remineralizadores registrados no MAPA em 2021	18
Tabela 3 - Estágios de degradação de pastos	22
Tabela 4 - Características químicas e física do solo na Fazenda Macauba.....	28
Tabela 5 – Coeficientes dos pisos mínimos, referentes ao quilômetro rodado na realização do serviço de transporte rodoviário remunerado de cargas, por eixo carregado instituído pela Resolução N° 5.959 de 20 de janeiro de 2022 (ANTT, 2022)	29
Tabela 6 - Custo de recuperação de 1 ha de pastagem degradada de Brachiaria brizantha cv Marandú no município de Sitio Novo do Tocantins com a utilização do Cloreto de Potássio.	34
Tabela 7 - Custo de recuperação de 1 ha de pastagem degradada de Brachiaria brizantha cv Marandú no município de Sitio Novo do Tocantins com a utilização do pó de rocha de fonolito (EKOSIL).....	35

LISTA DE ABREVIACÕES

- IN** - Instrução Normativa
- KCl** - Cloreto de potássio
- MAPA** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- NPK** - Combinação de nitrogênio, fósforo e potássio em diferentes proporções

LISTA DE SÍMBOLOS

B	-	Boro
Ca	-	Cálcio
CaO	-	Óxido de cálcio
Cl	-	Cloro
Co	-	Cobalto
Cu	-	Cobre
Fe	-	Ferro
K	-	Potássio
K₂O	-	Óxido de potássio
KCl	-	Cloreto de potássio
Mg	-	Magnésio
MgO	-	Óxido de magnésio
Mo	-	Molibdênio
Na	-	Sódio
Ni	-	Níquel
P	-	Fósforo
S	-	Enxofre
Se	-	Selênio
Si	-	Silício
SiO₂	-	Dióxido de silício
V	-	Vanádio
Zn	-	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	O uso de remineralizadores no cultivo agrícola	15
2.1.1	Composição dos remineralizadores.....	16
2.1.2	Tipos de pó de rocha utilizados na agricultura	17
2.1.3	Viabilidade técnica, econômica e ambiental	19
2.2	Recuperação de pastagens degradadas com remineralizadores	21
2.3	Avaliação dos custos do uso de remineralizadores	23
2.4	Cloreto de potássio (KCl)	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1	Área de estudo.....	27
3.2	Coleta de informações	28
3.3	Análise dos resultados.....	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Determinação dos custos de transporte do pó de rocha.....	32
4.2	Custos para recuperação de pastagem degradada	33
4.3	Distância máxima viável para transporte do pó de rocha	37
5	CONCLUSÕES.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40
	Anexo I – Análise química de solo da Fazenda Macaúba (Sítio Novo do Tocantins (TO)).....	45

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um importante produtor agrícola no cenário mundial, o que exige o aprimoramento constante dos processos produtivos, para aumentar a eficiência econômica e sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, a busca por insumos mais sustentáveis é cada vez mais necessária e, a rochagem surge como uma alternativa importante para a agricultura. Essa técnica consiste na aplicação de pós de rocha, ricos em macro e micronutrientes, capazes de recuperar e fertilizar o solo (WRITZL et al., 2019).

Entre as possibilidades de uso do pó de rocha na agricultura, destaca-se a eficiência na recuperação de solos degradados, que apresenta eficiência no controle de pH, disponibilização de K e Mg, e melhora o desenvolvimento das plantas cultivadas (JORGE; ALVES; SOUZA, 2015).

A partir da década de 1940 a revolução verde significou um importante avanço na produção agrícola, ao propor o uso de insumos químicos inovadores, para aumentar a produtividade. No entanto, o uso desses insumos pode causar impacto ambiental o que não é mais aceitável na perspectiva de uma agricultura sustentável (DETTMER et al., 2019). Assim, os remineralizadores buscam atender as expectativas do mercado atual, possibilitando uma produção mais barata e com menor impacto ambiental.

O custo com transporte é a principal limitação à ampliação do uso de pó de rocha na agricultura, em razão do preço do frete, da distância entre a fonte e o destino final e da quantidade necessária para cada área (KRUKER, 2019).

Theodoro e Almeida (2013) afirmaram que a redução dos custos por meio da adoção de técnicas mais baratas, como a rochagem, é a chave para que o Brasil se mantenha competitivo, e consiga fortalecer a produção agropecuária nacional. Contudo, as despesas com o transporte desses insumos da jazida até a sua distribuição no campo, pode elevar o custo produtivo e eliminar a principal vantagem do uso dos remineralizadores na agricultura.

Partindo do princípio de que para ser considerado uma alternativa viável o uso de remineralizadores na agricultura precisa compatibilizar os custos de aquisição, de transporte e da aplicação do produto no campo, buscou-se nesse

trabalho estabelecer a viabilidade logística e econômica do uso dos remineralizadores rocha na recuperação de solos degradados.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi comparar os custos financeiros do uso do Ekosil em relação ao uso do cloreto de potássio (KCl) na recuperação de pastagem degradada e estabelecer a distância máxima de viabilidade econômica para o transporte dos remineralizadores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O uso de remineralizadores no cultivo agrícola

O Brasil é quarto maior consumidor de fertilizantes no mundo, porém, a produção nacional de fertilizantes é baixa em relação a sua demanda, fazendo com que a maior parte dos insumos seja importada (CASTRO; SILVA; GILIO, 2020). Nesse contexto, o uso de remineralizadores foi proposto como uma solução capaz de absorver parte da demanda nacional, e assim reduzir a importação de fertilizantes, devido a sua disponibilidade em todo o território nacional (FRANÇA et al., 2019; THEODORO et al., 2021).

O remineralizador é o pó de rocha utilizado em sistemas de cultivo agrícola, com o objetivo de adicionar macro e micronutrientes ao solo, aumentar sua reserva nutricional, equilibrar o pH, e assim, promover o rejuvenescimento do solo (KLEIN, 2020). O propósito da remineralização é a fertilização do solo para propiciar o cultivo agrícola.

A publicação do livro “Pães de Pedra” escrito por Julios Hensel (1870), ressaltou as vantagens do uso de pós de rocha na agricultura, mas as ideias de Hensel só começaram a repercutir no Brasil a partir de 1950, quando o professor Otohn Leonardos, da Universidade de Brasília, passou a desenvolver experimentos com diversos tipos de rocha e, avaliar essa nova técnica também sob o viés social e ecológico (EUTRÓPIO, 2021; THEODORO et al., 2021; MANERICH, 2021).

Os pós de rocha se tornaram uma categoria de insumos da agricultura a partir da Lei nº 12.890 de 2013, que incluiu os remineralizadores na Lei dos Fertilizantes, constantes na Lei nº 6.894 de 1980. Essa regulamentação foi resultado de diversas pesquisas realizadas a partir dos anos 2000 que buscavam comprovar a eficácia dos remineralizadores como fertilizantes, e seu potencial para aumentar a produtividade agrícola de forma econômica e sustentável (MANERICH, 2021).

Assim, a Lei nº 12.890 de 2013 define o remineralizador como o material de origem mineral, reduzido e classificado por processos mecânicos, capaz de fertilizar o solo por meio da adição de macro e micronutrientes (BRASIL, 2013). Desse modo, os remineralizadores são pós de rocha que não sofreram alteração por processos químicos e possuem capacidade de fornecer nutrientes ao solo e às plantas.

A fertilização do solo com os remineralizadores ocorre por meio da rochagem, que consiste na aplicação do pó de rocha no solo a ser usado para cultivo, podendo ser uma técnica de fertilização alternativa ou complementar (MANERICH, 2021). Gomes et al. (2021) afirmam que a rochagem aumenta a capacidade de troca de cátions do solo, e o enriquece, devida a liberação gradual de nutrientes.

Para ser utilizado como insumo na agricultura, o pó de rocha deve atender os aspectos mínimos estabelecidos nas Instruções Normativas (IN) Nº 05 e 06 em 10 de março de 2016.

2.1.1 Composição dos remineralizadores

Os solos com maior expressão geográfica no Brasil, Latossolos e os Argissolos, são caracterizados como de baixa fertilidade natural (EUTRÓPIO, 2021), especialmente em relação à disponibilidade de fósforo (P) e de potássio (K) (MANERICH, 2021). Os diversos processos de fertilização do solo buscam suprir a ausência natural dos nutrientes no solo, que são necessários ao desenvolvimento das plantas.

De acordo com Malavolta (2006), os nutrientes minerais essenciais para a vida das plantas são C, H, O, N, P, K, Ca, Mg e S, que são definidos como macronutrientes, por representarem cerca de 99,5% da massa seca da planta; e B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn, designados como micronutrientes, representando cerca de 0,03% de massa seca.

Neste sentido, o uso de remineralizadores como fertilizante se torna possível porque os pós de rocha apresentam em sua composição macronutrientes como o P, K, e Mg; e micronutrientes como o B, Cl, Cu, Fe, Mg, Mo, Ni e Zn (ALOVISI et al., 2021).

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento estabeleceu por meio da IN Nº5/2016 os requisitos mínimos para a classificação dos pós de rocha na categoria de remineralizador (Tabela 1) e, além disso deverão apresentar eficiência agrônômica comprovada por testes (MAPA, 2016).

Tabela 1 - Requisitos para registro de remineralizadores junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Instrução Normativa N°5 de 2016).

Critério	Requisito adotado
Natureza física: filler	Peneira: 0,3 mm (ABNT n° 50) Partículas Passantes: 100%
Natureza física: pó	Peneira: 2,0 mm (ABNT n° 10) Partículas Passantes: 100% Peneira: 0,84 mm (ABNT n° 20) Partículas Passantes: 70% mínimo Peneira: 0,3 mm (ABNT n° 50) Partículas Passantes: 50% mínimo
Natureza física: farelado	Peneira: 4,8 mm (ABNT n° 4) Partículas Passantes: 100% Peneira: 2,8 mm (ABNT n° 7) Partículas Passantes: 80% mínimo Peneira: 0,84 mm (ABNT n° 20) Partículas Passantes: 25% máximo
Soma de bases (CaO, MgO, K ₂ O)	Deve ser igual ou superior a 9% (nove por cento) em peso/peso
Teor de óxido de potássio (K ₂ O)	Deve ser igual ou superior a 1% (um por cento) em peso/peso
Potencial Hidrogeniônico (pH)	Valor conforme declarado pelo registrante.
Elementos/compostos potencialmente tóxicos	Teor de SiO ₂ livre menor que 25% (vinte e cinco por cento) em volume/volume; Teor de As menor que 15 ppm; Teor de Cd menor que 10 ppm; Teor de Hg menor que 0,1 ppm; e Teor de Pb menor que 200 ppm

Fonte: Adaptado de MAPA (2016)

2.1.2 Tipos de pó de rocha utilizados na agricultura

Os remineralizadores podem ser obtidos a partir de uma grande diversidade de minerais. Os principais remineralizadores utilizados no Brasil são provenientes de rocha de basaltos, xistos, kamafigitos, fonolitos, gnaisses e serpentinitos (THEODORO et al., 2021).

O pó de rocha de basalto (PRB) é o que apresenta maior potencial para uso na agricultura em razão de possuir grande diversidade de minerais, especialmente o fósforo e o potássio (WRITZL et al., 2019). O basalto é uma rocha vulcânica, com uma presença expressiva de Fe, Mg e Ca, altamente intemperizável, além de

possuir um baixo teor de SiO_2 , que possibilita uma maior disponibilização de nutrientes, do que rochas mais ácidas (EUTRÓPIO, 2021). A riqueza de nutrientes do basalto é valiosa para o uso na agricultura, diante do seu potencial de fertilização e melhora dos atributos químicos e físicos.

Os xistos também são rochas vulcânicas, de composição máfica, contendo cerca de 2,2% de presença de K_2O , e quando utilizado como remineralizador, libera até 50% do K presença na sua composição no solo (SOUZA et al., 2016; SOUZA, 2014). Observa-se que os xistos têm grande potencial para fornecimento de K como nutriente.

Os kamafugitos são coletivos de rochas magmáticas de três tipos: vulcânicas, máficas e ultramáficas. O kamafugito é considerado uma rocha ultrapotássica, por possuir alto teor de K_2O e, é tido como uma fonte potencial de macro e micronutrientes. Apesar da riqueza em K, o percentual liberado para o solo ainda é pequeno em comparação a outras rochas (FAROUTINE, 2018).

O fonolito é uma rocha magmática, de origem vulcânica, composta por cerca de 9% de K_2O , que fornece K para as plantas. Além disso, também possui em sua composição o SiO_2 , o CaO , o MgO e outras substâncias que auxiliam no desenvolvimento da planta (ASSIS et al., 2017).

O serpentinito é uma rocha metamórfica, formada pelo processo de serpentinação de outras rochas. O serpentinito apresenta alto teor de MgO , além da presença em menor concentração de cálcio, níquel, manganês, titânio, fósforo e cobalto (MACIEIRA, 2018).

De acordo com o Instituto Brasil Orgânico (2021), existem 24 remineralizadores diferentes, registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como insumo, disponíveis em sete estados brasileiros (Tabela 2).

Tabela 2 - Remineralizadores registrados no MAPA em 2021

UF	Município	Classificação	Rocha	Soma de bases ($\text{CaO}+\text{MgO}+\text{K}_2\text{O}$)	K_2O %	Sílica livre %
BA	Salvador	R	granulito	9,9	3,9	17
GO	Aparecida de Goiania	R	mica xisto	9,5	3,2	20
GO	Aparecida de Goiania	MS	mica xisto	9,6	3,3	26
GO	Luziania	R	calcixisto	23	2,7	20
GO	Panamá	R	basalto	11,5	3,5	NI
GO	Abadiania	MS	mica xisto	8,9	4	25
MG	Carmo do Paranaíba	R	kamafugito	11	3	0
MG	Muzambinho	R	anfíbolito	12,5	2	10

MG	Nova Lima	R	serpentinito+f onolito	35	1	0
MG	São Gotardo	R	siltito glaucônítico	13	10	13
MG	Poços de Caldas	R	fonolito	10	8	0
MG	Poços de Caldas	R	sienito	12	12	0
MG	Pratápolis	F	dunito	40	0	0
MS	Itaporã	R	basalto	12,65	1,83	5
PR	Ibiporã	R	basalto	12	1	0
PR	Palotina	R	basalto	13	1,01	0
PR	Paula Freitas	R	microgabro + dacito	14	1,4	10
PR	Pien	R	serpentinito + filito	26	1,2	15
SP	Lencois Paulista	R	diabásio	14	1,4	0
SP	Limeira	MS	basalto	16,6	1,2	0
SP	Piraju	R	dacito	9	3,5	18
SP	Tietê	F	folhelho carbonoso + calcário	23,8	0	0
TO	Peixe	MS	gnaisse	5,8	4,6	37
GO	Santa Bárbara de Goiás	R	Biotita Gnaisse Diorítico.	11	3	NI

Fonte: Instituto Brasil Orgânico (2021)

NI: Não indicado, R: Remineralizador, MS: Material Secundário, F: Fertilizante

2.1.3 Viabilidade técnica, econômica e ambiental

A variedade de rochas que podem originar remineralizadores é grande, a demanda por cada tipo de pó de rocha dependerá da necessidade de cada solo.

Diversas pesquisas comprovam a viabilidade técnica do uso de remineralizadores em cultivos agrícolas. Um estudo realizado em São Paulo, com cultivo de amendoim demonstrou que o uso de pó de rocha como fertilizante incrementou a produtividade em 24,51%, em comparação ao cultivo sem uso de remineralizadores (SILVEIRA et al., 2021).

Outro estudo, conduzido na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, com cultivo de soja, comparou a produtividade da cultura com aplicação da técnica de rochagem, em relação a utilização de bactérias do tipo *Azospirillum*, e concluiu que os remineralizados provocam aumento da produtividade (GOMES et al., 2021).

Um experimento conduzido no Paraná, por Klein (2020), avaliou os efeitos da adição de pó de rocha de basalto em dois tipos diferentes de solo, o Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf) e o Latossolo Vermelho distrófico (LVd), e concluiu que

houve aumento nos níveis de Ca e Mg, especialmente no LVd, além do incremento no número de cátions trocáveis.

A combinação da rochagem com outras técnicas de fertilização também são recomendadas para aumentar a eficiência agrícola. Neste sentido, um estudo realizado no Rio Grande do Sul, com cultivo de milho de pipoca, concluiu que o uso de pó de rocha combinado com cama de frango supera o uso de fertilizante químicos, pois disponibiliza uma quantidade maior de nutrientes ao solo (WRITZL et al., 2019).

Dettmer et al. (2020) avaliaram o uso de pó de rocha no cultivo de milho no Mato Grosso do Sul e observaram redução da produtividade com o uso pó de rocha, em comparação ao uso de fertilizante químico, porém ao considerarem os custos financeiros e os impactos a longo prazo, o uso de rocha foi tecnicamente viável.

A diferença entre os resultados dos diversos estudos pode estar relacionada ao ciclo da cultura, já que os resultados da rochagem são mais significativos a médio e longo prazo (GOMES et al., 2021). Neste sentido, observa-se que nas culturas de ciclo longo, o aumento da produtividade pode chegar a 30%, em razão da disponibilização dos nutrientes ser mais lenta do que no caso de fertilização com minerais solúveis (EUTRÓPIO, 2021).

O uso do pó de rocha é tecnicamente viável tanto na agricultura, quanto nas culturas florestais. Neste sentido, o estudo de Silva et al. (2012) concluiu que a aplicação de pó de rocha de basalto no cultivo de *Eucalyptus benthamii* trouxe benefícios fisiológicos para a planta. Do mesmo modo, Manerich (2021) conclui que o uso de pó de rocha no cultivo de *pinus taeda* contribuiu para o melhor desenvolvimento da cultura, especialmente na altura da planta.

Entre as demais vantagens técnicas que a rochagem apresenta, Theodoro e Leonardos (2011) destacaram que nas culturas de ciclo mais longo os resultados são melhores do que os adubos convencionais, devido ao aumento a umidade do solo proporcionado pela maior capacidade de retenção de água dos pós de rocha, que favoreceu o desenvolvimento das plantas em produção de massa verde, devido ao maior perfilhamento e desenvolvimento das raízes.

Além da viabilidade técnica, Theodoro e Leonardos (2011) observaram que o uso de remineralizadores foi mais vantajoso economicamente do que o uso de fertilizantes químicos, podendo ser até 70% mais barata. Além disso, os fertilizantes industrializados de alta solubilidade podem elevar o custo da produção devido a

maior exportação pela produção ou como resultado de perdas por lixiviação (BRITO et al., 2019). De acordo com Dettmer et al., (2019) a rochagem possibilita a liberação gradual de nutrientes e não requer aplicações repetidas após cada cultivo, como ocorre com os fertilizantes químicos, aumentando a viabilidade economicamente desses insumos.

Quanto a viabilidade ambiental, o uso de pó de rocha é considerado uma técnica sustentável por se tratar do aproveitamento de resíduos de britagem e moagem de rochas, mostrando-se uma opção mais econômica e ecológica (KLEIN, 2020).

A técnica da rochagem pode ser apontada como sustentável sob viés ambiental, por utilizar rochas naturais moídas, sem utilização de processo industrial; o econômico, pois diminui os custos de fertilização; e o social, por proporcionar emprego e renda local ao reduzir a necessidade de importação (LAJÚS et al., 2021).

De acordo com Brito et al. (2019), a rochagem possui potencial para reduzir dois graves impactos ambientais da agricultura, que são a mineralização devido ao excesso de rejeitos minerais no solo, e o excesso de produtos sintéticos.

2.2 Recuperação de pastagens degradadas com remineralizadores

Uma área de pastagem pode ser considerada degradada quando sua produtividade e a capacidade natural de cobertura são reduzidas, prejudicando a nutrição animal.

Zimmer et al., (2012) definem a degradação de pastos como sendo a perda gradual do vigor, da produtividade e da capacidade natural de recuperação da pastagem, a ponto de ser incapaz de sustentar a produtividade dos animais e de combater naturalmente o efeito de pragas e doenças.

Estima-se que entre 50 e 80% das área ocupadas com pastagem no Brasil estejam degradadas, decorrente especialmente do manejo incorreto do pasto (BARBIERI, 2020). A degradação de pastagens, geralmente associada ao manejo inadequado, falhas na sementeira e deficiência na nutrição, pode provocar impactos no setor produtivo, na economia e no meio ambiente (PEREIRA et al., 2020). No

caso do Brasil, as principais causas de degradação de pastagens, são o excesso de lotação animal e ausência de reposição nutricional no solo (ZIMMER et al., 2012).

Áreas de pastagens degradadas precisam ter sua capacidade reestabelecida para melhorar a sua produtividade. Isso pode ocorrer por meio da recuperação, da renovação ou da reforma de pastagem. A recuperação do solo de área de pastagem consiste no preparo do solo, controle de erosão, correção, adubação e pastagem, para recomposição e manutenção da fertilidade, com o objetivo de reestabelecer a produtividade da forragem (BARBIERI, 2020). A renovação consiste no cultivo de uma nova espécie em substituição à espécie degradada, enquanto a reforma são as correções e reparos após a formação do pasto (ZIMMER et al., 2012).

As técnicas para recuperação de pastagem tem sido cada vez mais utilizadas, em razão dos custos para a renovação ou reforma são mais dispendiosos e do tempo de retorno mais longo (BARBIERI, 2020). Além da vantagem econômica, a recuperação de pastagens é ecologicamente recomendada, pois contribui para a redução da emissão CO₂ (ZIMMER et al., 2012).

Um dos indicativos de degradação de pastagens é a redução gradual da capacidade de suporte animal, além disso, podem ocorrer baixas de produtividade e qualidade, ocorrência de doenças e pragas, e erosão do solo (ZIMMER et al., 2012).

Dessa forma, a degradação de pastos pode ser classificada em quatro estágios diferentes, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Estágios de degradação de pastos

Nível	Caracterização	Redução na capacidade de suporte
Leve	Pastagem produtiva, porém com áreas de solo descoberta	Até 20%
Moderado	Nível leve agravado pela presença de plantas invasoras	21% - 50%
Forte	Nível moderado agravado pela morte das forrageiras	5% - 80%
Muito Forte	Solo descoberto e com erosão	>80%

Fonte: Adaptado de Dias Filho (2014) e Barbieri (2020)

As técnicas de recuperação de pastagens podem ser diretas ou indiretas. São diretas as técnicas de recuperação mecanizadas e com uso de insumos químicos, sem a substituição da espécie forrageira. Já as técnicas indiretas incluem práticas

mecânicas, químicas e culturais, em que o uso de lavouras de cultivo anual, revigoram a espécie forrageira (MACEDO et al., 2019).

Entre as técnicas de recuperação de pastagens degradadas destaca-se a ressemeadura, a vedação por longo período e a integração do sistema lavoura-pecuária. Para melhor efetividade dessas técnicas, é recomendado a fertilização do solo (BARBIERI, 2020).

Theodoro e Medeiros (2016) afirmam que o uso do pó de rocha, de forma isolada ou associada com outros tratamentos, como a aplicação de composto orgânico, é capaz de reduzir a toxidez de alumínio, promover o crescimento de nutrientes como K, Ca e Mg, mostrando-se como uma tecnologia capaz de reverter processos de degradação, de forma sustentável.

Um experimento realizado em Porto Nacional – TO, com o objetivo de recuperar pastagens degradadas com aplicação de pó de rocha, avaliou que seu uso apresenta efeitos positivos em relação aos atributos físico-químicos do solo, como a redução da acidez e a maior disponibilização de K, do que em relação ao tratamento convencional com KCl (JORGE et al., 2015), o que demonstra que o uso de remineralizadores apresenta-se como uma técnica adequada para recuperação de pastagens degradadas.

2.3 Avaliação dos custos do uso de remineralizadores

A utilização de remineralizadores na agricultura deve apoiar-se no ideal de eficiência produtiva, pois o que se pretende com a introdução de novas tecnologias é produzir mais, com o dispêndio de menos recursos.

Zimmer et al. (2012) defende que a viabilidade econômica da recuperação de pastagens degradadas depende do diagnóstico correto, e execução correta da técnica escolhida.

O custo da pastagem na produção pecuária varia conforme o sistema adotado, no caso de baixo insumo, o pasto representa 35% do custo produtivo; em sistemas mais intensivos pode representar 17% do custo total (PEREIRA et al., 2020).

Neste sentido, para indicar a viabilidade de um projeto de cultivo, devem-se considerar três fatores, o custo de produção, a distância máxima de transporte e os ganhos em produtividade (SILVEIRA, 2016).

O custo de produção é a soma dos custos necessários no processo produtivo de determinado produto, considerando insumos e serviços utilizados, tornando-se o primeiro critério a ser considerado na avaliação econômica de um sistema produtivo.

Dessa forma, a composição de custos envolve as etapas de aração e gradagem para regularização do solo, a incorporação de nutrientes com a técnica de calagem e de rochagem, e a recobertura da área com uma espécie forrageira.

Estudos apontam que a aquisição de insumo remineralizador é cerca de 70% mais barata do que a aquisição de fertilizantes químicos (THEODORO e LEONARDOS, 2011), o que pode levar à imediata conclusão de que a substituição dos fertilizantes convencionais pelo pó de rocha gera economia, já que a sua aquisição é mais barata.

Entretanto, a utilização do pó de rocha demanda grande quantidade de insumo por área e sua aquisição e transporte para outros locais provoca aumento no custo produtivo (PÁDUA, 2012; SILVEIRA, 2016).

2.4 Cloreto de potássio (KCl)

O potássio é um mineral importante para a agricultura porque a maior parte dos solos brasileiros são degradados e com baixo teor de nutrientes minerais (MALAVOLTA, 2006). A principal fonte de potássio na agricultura é o cloreto de potássio derivado da rocha silvinita (MOTTA, 2020; FERREIRA, 2017).

O Brasil consome cerca de 7% dos fertilizantes do mundo todo, sendo o segundo maior consumidor de K, porém, sua produção interna é pequena, cerca de 2% da produção mundial, tornando-o altamente dependente da importação desse insumo (OLIVEIRA; MALAGOLLI; CELLA, 2019).

A dependência do Brasil da importação de fertilizantes é de cerca de 70% de sua demanda, e no caso do K a importação representa 94%, comprometendo o aumento da sua produtividade (COSTA et al., 2018; MOTTA, 2020).

Um dos problemas relacionados a necessidade de importação dos fertilizantes é a sujeição às flutuações de preço e câmbio, que impactam no custo final. Estima-se que ao longo dos últimos 10 anos o preço dos fertilizantes dobrou, evidenciando que a dependência põe em risco os ganhos no agronegócio (OLIVEIRA; MALAGOLLI; CELLA, 2019). A título de exemplo, no estado do Mato Grosso o preço do KCl sofreu grandes variações entre 2010 e 2015, como apresentado na Figura 1.

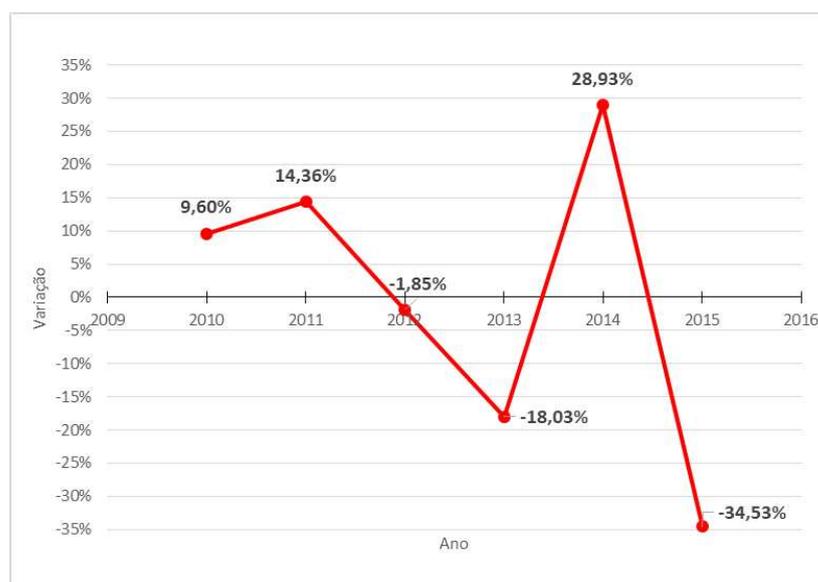


Figura 1 - Variação percentual do preço do KCl no estado do Mato Grosso entre 2010 e 2015

Fonte: Adaptado de CONAB (2016)

Uma das formas de reduzir a dependência da importação seria aumentar a produção interna de fertilizantes potássicos, contudo, existem diversos fatores que dificultam a execução dessa estratégia, como a concentração produtiva em poucas empresas e a isenção tributária para os fertilizantes importados, que dificultam a concorrência com o produto nacional (OLIVEIRA; MALAGOLLI; CELLA, 2019).

Outro fator que desafia o aumento da produção interna de K é a captação da matéria-prima, pois ele não é encontrado em sua forma livre, e o custo energético para sua produção (OGINO et al., 2020). A dificuldade na obtenção do K limita sua produção à apenas 12 países, e no Brasil os depósitos de potássio são concentrados apenas no Amazonas, Pará e Sergipe (MOTTA, 2020; FERREIRA, 2017).

Ressalta-se que os depósitos identificados no Amazonas e Pará seriam suficientes para atender pelo menos 50% da demanda interna, mas, a produção de

KCl no Brasil depende de investimentos e, além disso, a logística para escoamento da silvinita extraída é um gargalo, diante da falta de manutenção das estradas. (MOTTA, 2020; COSTA et al., 2018).

Portanto, a dependência dos fertilizantes potássicos importados causa problemas no desempenho econômico e sustentável do agronegócio no Brasil. Por isso, os remineralizadores são uma alternativa para suprir a demanda de K pela agricultura, pois são ecologicamente viáveis e podem ser produzidos no território nacional, refletindo na redução da importação e aumento do desenvolvimento local.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Sítio Novo do Tocantins, no estado do Tocantins, na microrregião do Bico do Papagaio (Figura 2). O município possui uma área de 307 km², e uma população estimada em 8.965 habitantes (IBGE, 2022).

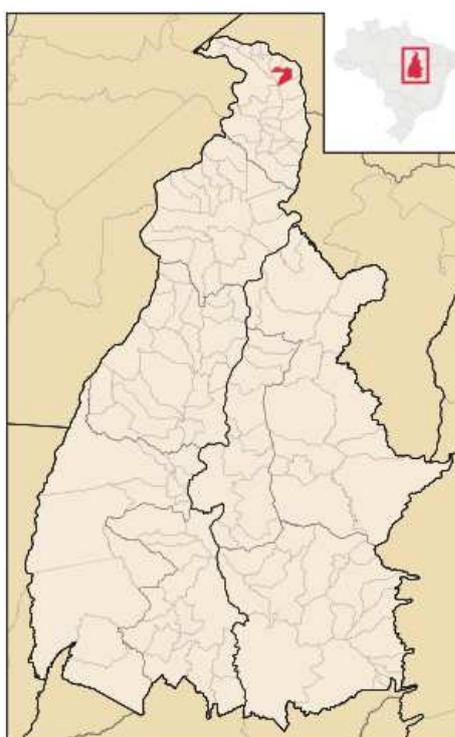


Figura 2 - Mapa do Tocantins com destaque de Sítio Novo do Tocantins
Fonte: Adaptado de Abreu (2006)

A vegetação predominante no estado do Tocantins é o Cerrado, cujo o solo apresenta grande variação das características físicas, químicas e biológicas. A microrregião do Bico do Papagaio está inserida no bioma de Transição Amazônia-Cerrado, com predominância dos latossolos, que possui alto teor de acidez e baixa fertilidade natural (LIMA et al., 2019). Apesar disso, os autores destacam que o estado possui grande potencial agrícola em razão dos teores de matéria orgânica, clima propício e disponibilidade de recursos hídricos.

A área de pastagem degradada que servirá de modelo para esse trabalho de estudo de caso possui 100 ha e pertence à FAZENDA MACAUBA e se localiza no município de Sítio Novo do Tocantins – TO.

3.2 Coleta de informações

Com o objetivo de comparar os custos financeiros do uso de pó de rocha aos fertilizantes químicos na recuperação do solo, foram utilizados dois parâmetros: custos de produção e custos de transporte. Assim, a coleta dos dados necessários foi dividida em etapas.

Para determinação dos custos de produção, inicialmente foi realizada uma análise do solo, a fim de determinar as quantidades de insumos necessárias. Foram coletadas 02 amostras de solo, a 20 cm de profundidade, e enviadas ao laboratório TERRA ANÁLISES. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Características químicas e física do solo na Fazenda Macauba

		Amostra	
		I	II
Areia	g/kg	690	640
Silte	g/kg	140	130
Argila	g/kg	170	230
pH (CaCl ₂)	Un.	4,4	4,9
P (Mehlich I)	mg/dm ³	3	2
K	cmolc/dm ³	0,097	0,256
Ca	cmolc/dm ³	1,5	2,9
Mg	cmolc/dm ³	0,4	0,9
Al	cmolc/dm ³	0,30	0
H+Al	cmolc/dm ³	3,7	3,4
CTC	cmolc/dm ³	5,7	7,46
Soma de bases	cmolc/dm ³	1,997	4,056
Sat. Base (V%)	%	35	54
Sat. Al (m%)	%	13	0

Fonte: TERRA ANÁLISES PARA AGROPECUÁRIA (2019)

Em relação aos insumos escolhidos, o estudo adotou o KCl (60% K₂O) como fonte convencional de K e o Ekosil (8% K₂O) como fonte alternativa.

Em seguida, foi realizado o levantamento de custos para aplicação dos dois tratamentos, em uma área de 100 ha, sem considerar os custos de transporte. O

levantamento de custos de recuperação com o KCI foi realizado no comércio local, em Sítio Novo do Tocantins, considerando a ampla disponibilidade e que a proposta da utilização desse insumo é a sua aquisição próximo ao local da aplicação. O levantamento de custos do Ekosil ocorreu por meio de consulta ao representante da empresa produtora.

Os custos de transporte foram auferidos conforme a Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas (PNPM-TRC), instituída pela Lei 13.703 de 2018, que atribui à Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) a função de regular os preços mínimos para fretes de cargas no Brasil. Assim, a ANTT estabelece que o preço mínimo do frete é estabelecido conforme o tipo de carga, o tipo de veículo e os coeficientes de custo de descolamento (CCD) e de carga e descarga (CC) (ANTT, 2022) (Tabela 5).

Tabela 5 – Coeficientes dos pisos mínimos, referentes ao quilômetro rodado na realização do serviço de transporte rodoviário remunerado de cargas, por eixo carregado instituído pela Resolução N° 5.959 de 20 de janeiro de 2022 (ANTT, 2022)

Parâmetro	Valor de referência para 3 eixos	Valor de referência para 4 eixos
Tipo de carga	Granel sólido	Granel sólido
CCD	3,3309 (R\$/Km)	3,7916 (R\$/Km)
CC	283,02 (R\$)	290,16 (R\$)

Ressalta-se que o CCD e o CC são os coeficientes determinados pela PNPM-TRC conforme o tipo de carga e o tipo de veículo, e sofrem atualização sempre que há variação no preço do óleo diesel superior a 10% (ANTT, 2022). Dessa forma, os valores apresentados foram determinados, considerando-se a utilização de dois tipos de veículos: um caminhão Truck com três eixos e capacidade para quatorze toneladas; e um caminhão Carreta com quatro eixos e capacidade para vinte e três toneladas, no percurso compreendido entre Sítio Novo do Tocantins (TO) e Poços de Caldas (MG).

Ressalta-se que o percurso total inclui as rotas de ida e volta, conforme metodologia usual em estudos sobre formação de preços e custos de fretes (SCHNEIDER, 2020; QUINTANA et al., 2012; SANTOS, 2007). Assim, o preço final do frete será o dobro do preço mínimo estabelecido na Resolução nº 5.867 de 2020 da ANTT, considerando que o percurso compreende também o trecho de retorno.

Portanto, o preço mínimo do frete (P_{\min}) será dado em função da distância (D), pela seguinte equação:

$$P_{\text{mín}} = (D * CCD) + CC$$

$$P_{\text{final}} = 2 * P_{\text{mín}}$$

Em que:

P min = preço mínimo do frete

D = distância

CCD = coeficientes de curso de descolamento, cujo o valor é definido pela ANTT

CC = coeficiente de carga e descarga, cujo o valor é definido pela ANTT

A coleta de dados e informações é de suma importância em um estudo de caso, uma vez que, informações ineficientes podem gerar resultados fora da realidade e suscitar equívocos sobre o estudo.

3.3 Análise dos resultados

Para estimar os custos de recuperação de 100 ha de pastagem degradada, foram consideradas as despesas com regularização do solo, calagem, adubação e formação da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandú, sendo que na etapa de regularização do solo estão sendo consideradas as etapas de aração e gradagem.

A diferença de custo (ΔV) entre os dois tratamentos, com uso de KCl e uso do pó de rocha fonolito, foi analisada por meio de variação percentual. Segundo Castro (2016), a variação percentual é a razão entre a diferença dos dois valores, conforme a equação:

$$\Delta V = \frac{V_{EKOSIL} - V_{KCl}}{V_{KCl}}$$

Em que:

ΔV = Variação percentual do custo

V_{EKOSIL} = Valor do EKOSIL

V_{KCl} = Valor do KCl

Ainda de acordo com Castro (2016), o cálculo de variação percentual pode ser aplicado para determinar a variação entre duas grandezas, a partir do valor

inicial, assim, é possível aplicar essa equação para determinar a variação do custo com a utilização do EKOSIL em função do valor inicial representado pelo KCl.

O processamento dos dados relativos à estimativa dos custos de recuperação da pastagem e transporte do remineralizador, bem como os gráficos foram realizados utilizando-se a planilha eletrônica Excel (Microsoft).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Determinação dos custos de transporte do pó de rocha

Avaliando-se o impacto do custo do transporte sobre o valor final do produto, simulando diferentes trajetos desde o local da jazida e processamento do Ekosil, em Poços de Caldas (MG), até as capitais de cada Estado para avaliar a aplicabilidade desse produto em outros cenários, constatou-se que o transporte realizado com veículo com maior capacidade de carga possibilitou reduzir o custo final do produto (Figura 3). Empregando este resultado na análise de custos do uso do pó de rocha na agricultura, pode-se deduzir que a utilização em grandes áreas viabiliza a sua aquisição por produtores mais distantes, pois, quanto maior a quantidade a ser transportada menor será o custo do frete por tonelada. Por outro lado, a utilização desse produto por pequenos produtores requer a aquisição de produtos regionais, conforme sugeriu Pádua (2012), a fim de reduzir o custo final, ou ainda a compra em conjunto.

O uso de pó de rocha da agricultura pode ser afetado pelo alto custo do transporte. De acordo com Pádua (2012), o pó de rocha é considerado um insumo regional, pois a sua produção ocorre conforme a disponibilidade dos recursos naturais, as rochas, sendo mais viável economicamente para produtores locais de pequeno porte. Assim, a aquisição do pó de rocha e seu transporte para longas distâncias pode inviabilizar o seu uso.

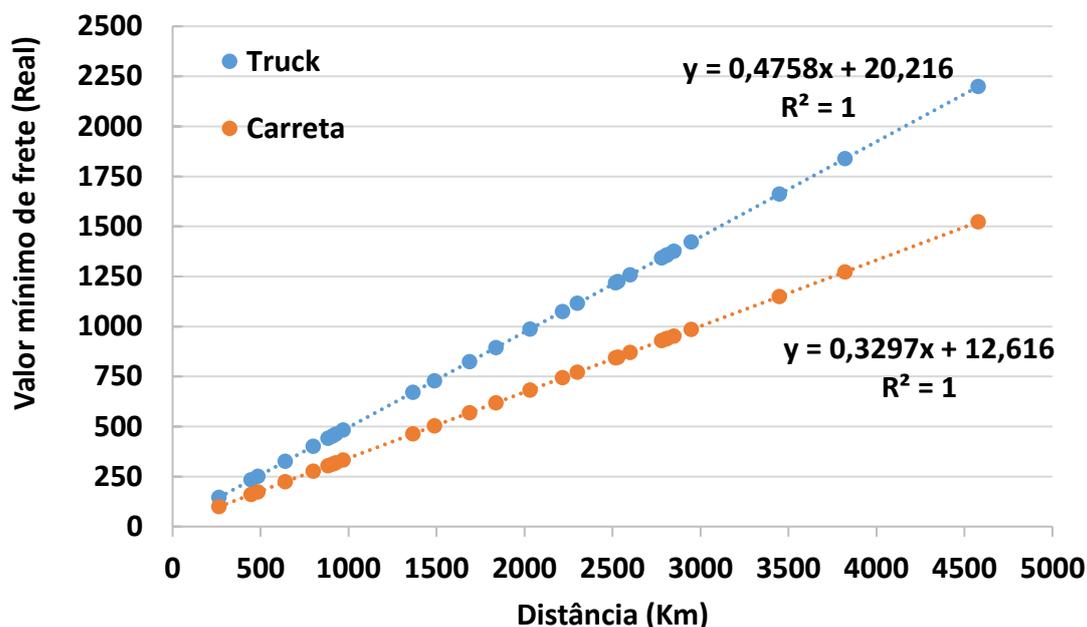


Figura 3 – Valor mínimo de frete por tonelada e função da distância considerado e da capacidade de carga. Caminhão truck (14.000kg) e Carreta (23.000kg)

4.2 Custos para recuperação de pastagem degradada

O custo de recuperação de pastagens depende entre outros fatores do nível de degradação e da técnica de recuperação adotada, devendo, portanto, serem consideradas as despesas com a preparação inicial da área, limpeza, aração, gradagem; correção do solo por meio de calagem; reposição de nutrientes e a semeadura. Muito embora, as medidas de limpeza, aração e gradagem sejam etapas importantes para recuperação do solo, de forma isolada são insuficientes, pois os principais fatores de degradação do solo são a baixa fertilidade do solo e o excesso de lotação animal (MACEDO et al., 2013). Dessa forma, os custos de com aquisição de corretivo e fertilizantes representaram uma parcela considerável do investimento que se faz na recuperação de uma pastagem degradada. Nesse sentido, as despesas com a aquisição de superfosfato simples, sulfato de amônio, ureia e KCl, que fornecem os macronutrientes NPK, somaram R\$ 4.308,00, representando 62,79% do custo total (Tabela 6). Somente a aquisição do KCl, representou 10,20% do custo de recuperação total. Além disso, por ser um sal prontamente solúvel em água, a aplicação de doses elevadas não é aconselhada,

pois pode ser tratar de um produto prontamente solúvel em água podem ocorrer perdas por lixiviação, levando o nutriente para a camada mais profunda do solo, o que exige sua reaplicação (WRITZL et al., 2019). Os resultados encontrados nesse trabalho são corroborados por Townsend, Costa e Pereira (2010) que observaram que os gastos com a aquisição de corretivos e fertilizantes para a recuperação de pastagens degradadas na Amazônia, corresponderam de 30 a 63% do custo total, dependendo o grau de degradação da pastagem.

Destacam-se também os custos relativos à calagem, pois de acordo com Macedo et al. (2013) a espécie *B. brizantha* cv Marandú tem médio exigência em fertilidade e, considerando que a área utilizada apresentou saturação por base de 35% (Tabela 4), a etapa de calagem mostra-se indispensável para a recuperação do solo. Conforme se observa na Tabela 6, o custo de aquisição de calcário de R\$1.184,00, corresponde a 17,26% da despesa total. A calagem apresenta grande eficiência na correção de acidez do solo, mesmo nos casos de aplicação superficial, cuja a técnica permite redução de custos com economia de maquinário (MILHOMEM, 2021).

Tabela 6 - Custo de recuperação de 1 ha de pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv Marandú no município de Sitio Novo do Tocantins com a utilização do Cloreto de Potássio.

Item	Unidade	Valor Unitário (Real \$)	Quantidade	Valor total (Real \$)
Limpeza do terreno	HM	150,00	1	150,00
Controle de formigas	HD	80,00	0,5	40,00
Formicida	Kg	20,00	1	20,00
Conservação do solo	HM	150,00	0,5	75,00
Aração	HM	50,00	1,5	225,00
Gradagem	HM	150,00	3	450,00
Calcário	Ton+transp	592,00	2	1.184,00
Adubação	HD	80,00	0,5	40,00
Super fosfato Simples	Ton+transp	4.160,00	0,45	1.872,00
Sementes	Kg	15,00	10	150,00
Semeadura	HD	80,00	0,5	40,00
Sulfato de Amônio	Ton+transp	4.860,00	0,2	972,00
Sulfato de zinco	Kg	9,90	10	99,00
Ureia	Ton+transp	7.640,00	0,1	764,00
KCl (Cloreto de Potássio)	Ton+transp	7.000,00	0,1	700,00
KCl (distribuição)	HD	80,00	1	80,00
				6.861,00

HD – Homem dia

HM – Hora máquina

Os custos para a recuperação de uma pastagem degradada com a utilização de Ekosil (Tabela 7), como alternativa ao KCl, representaram uma economia de 3,36%, sendo que a despesa com aquisição do Ekosil representou 1,23% do custo de recuperação total. Em relação à aquisição de superfosfato simples, sulfato de amônio, ureia e EKOSIL, que fornecem os macronutrientes NPK, somam R\$ 3.686,75, representando 57,70% do custo total.

Sem considerar o custo envolvido no transporte, a adução com KCl representou 10,20% do custo total de recuperação de uma pastagem, enquanto os custos envolvidos com a aquisição, a distribuição e a incorporação Ekosil representaram 8,3%, evidenciando a possibilidade de substituir um dos insumos que mais afeta os custos de recuperação.

A maior deficiência dos solos brasileiros é de fósforo (P), contudo, a necessidade de N e K passa a ser maior conforme o grau de degradação do solo com pastagem (TOWNSEND et al., 2010). Dessa forma, embora o K não represente a maior contribuição percentual na composição dos custos, a substituição do KCl pelo Ekosil torna-se mais significativa em áreas com maior grau de degradação.

Tabela 7 - Custo de recuperação de 1 ha de pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv Marandú no município de Sitio Novo do Tocantins com a utilização do pó de rocha de fonolito (EKOSIL).

Item	Unidade	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total
Limpeza do terreno	HM	150,00	1	150,00
Controle de formigas	HD	80,00	0,5	40,00
Formicida	Kg	20,00	1	20,00
Conservação do solo	HM	150,00	0,5	75,00
Aração	HM	150,00	1,5	225,00
Gradagem	HM	150,00	3	450,00
Calcário	Ton+transp	592,00	2	1.184,00
Ekosil	Ton	851,00	0,375	319,13
Ekosil (distribuição)	HD	80,00	1	80,00
Ekosil (incorporação)	HM	150,00	1	150,00
Sulfato de Amônio	Ton+transp	4.860,00	0,2	972,00
Sulfato de zinco	Kg	9,90	10	99,00
Ureia	Ton+transp	7.640,00	0,1	764,00
Adubação	HD	80,00	0,5	40,00
Super fosfato Simples	Ton+transp	4.160,00	0,45	1.872,00
Sementes	Kg	15,00	10	150,00
Semeadura	HD	80,00	0,5	40,00
				6.630,13

HD – Homem dia

HM – Hora máquina

De acordo com as Tabelas 6 e 7, os valores totais para recuperação de pastagem com pó de rocha de fonolito foi de R\$ 6.630,13 por hectare enquanto com o KCl foi de R\$ 6.861,00 por hectare. Assim, a substituição do KCl pelo Ekosil representa uma redução de 3,48%, sem considerar o custo de transporte.

Os custos para recuperação de pastagens degradadas vêm aumentando expressivamente ao longo dos anos, Kichel et al. (2006) apontaram que o investimento feito no preparo do solo, adubação e plantio de *B. brizantha* alcançou R\$ 446,00 por hectare enquanto Townsend et al. (2010) estimaram R\$ 2.250,00.

Diversos fatores podem servir como justificativa para esse aumento, como a técnica adotada, a quantidade de insumo utilizada para cada área estudada, além da variação de preço dos insumos até os dias atuais. No entanto, cabe ressaltar que os custos aumentam conforme o grau de degradação do solo, pois aumenta-se a necessidade de insumos.

Em estudos mais recentes, como o de Silva et al. (2019), o valor de recuperação por hectare foi de R\$ 1.795,28, incluindo as etapas de análise do solo, correção, adubação e semeadura. Neste experimento, observou-se que a quantidade de insumos utilizados na adubação do solo é muito inferior ao apresentado nas Tabelas 6 e 7, explicando, assim, o valor menor.

Barbieri et al. (2022) levantou o valor de R\$ 2.002,97, somente para fertilização do solo, sem contar as despesas com limpeza, regularização e correção. O experimento citado é o que apresenta valor mais aproximado dos custos apresentados nas Tabelas 6 e 7, sendo os valores de R\$ 4.308,00 e R\$ 3.686,75, para fertilização com uso de KCl e pó de rocha, respectivamente.

O custo de recuperação utilizando o Ekosil, no total de R\$ 6.630,13 por hectare (Tabela 7), é superior aos valores obtidos em outras pesquisas, que utilizam o KCl como fonte de K. Contudo, deve ser observado outros fatores que podem reduzir o investimento a longo prazo, como o fato de não ser necessário a reaplicação de Ekosil, em razão do produto ter menor solubilidade, fazendo com que o K seja disponibilizado de forma lenta e gradual.

O uso de pó de rocha na agricultura tem se apresentado como uma alternativa eficiente do ponto de vista produtivo, além de promover redução dos impactos ambientais da atividade econômica (SILVEIRA et al.,2021; WRITZL et al.,

2019). Dessa forma, além de ser viável e sustentável essa técnica é também mais econômica.

O custo com o transporte é um grande desafio para o crescimento do uso da rochagem no Brasil, visto que produtos registrados como insumos para agricultura no Brasil sejam encontrados em apenas sete estados brasileiros. Nesse sentido, os resultados deste trabalho evidenciam vantagens competitivas (econômicas e ambientais) para o uso dos remineralizadores em relação ao KCl, mesmo quando o custo do frete supere o valor do insumo onerando a sua aquisição, porém reitera-se a necessidade de que os remineralizadores estejam próximas das áreas de cultivo.

4.3 Distância máxima viável para transporte do pó de rocha

O custo do frete é um dos fatores que mais afeta o preço e a viabilidade do uso dos remineralizadores sendo, portanto, necessário determinar a distância máxima viável economicamente para o seu transporte. O KCl, por outro lado, apresenta pequenas variações de preço em todo o país, que por ser mais concentrado (60% K_2O) e ter uma boa logística de distribuição por todo o Brasil tenha os custos relativos ao transporte mais baixos e, possivelmente, sejam incorporados e diluídos ao seu preço final. Tomando-se a cotação atual de R\$ 700,00 (Setecentos Reais) para a compra de 100 kg de KCl em Sitio Novo do Tocantins (Tabela 6), e comparando-se com a quantidade de 375 kg de Ekosil (8% de K_2O) equivalente à de KCl, estima-se que o preço do produto atinja R\$ 487,38 e 360,89 se for transportado por veículos com capacidade de carga de 14 e 23, respectivamente (Figura 4), o que na atualidade, representa uma vantagem econômica considerável, independentemente do tipo de veículo utilizado.

De acordo com o cenário atual, estima-se que o uso do Ekosil seja economicamente viável até a distância de 3407 km se o transporte for feito com um caminhão truck (14 toneladas) e de até 4959 km caso o transporte venha a ser feito com uma carreta (23 toneladas) (Figura 4).

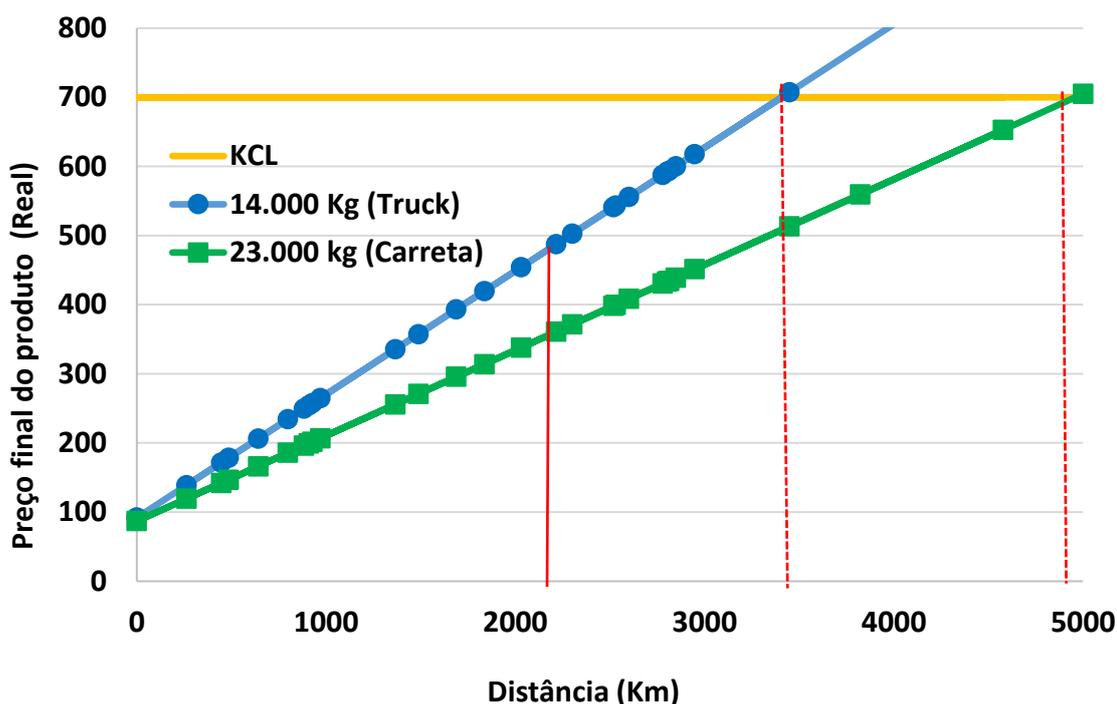


Figura 4. Comparação do custo de aquisição do KCl ao preço de quantidade de potássio equivalente ao Ekosil em função da distância da jazida em Poços de Caldas (MG).

Um estudo semelhante, desenvolvido por Hoff et al. (2013) aponta que a viabilidade do uso da rochagem requer a proximidade entre a fonte do pó de rocha e a área de aplicação, em função dos custos de transporte. Assim, o estudo concluiu que o uso de pó de rocha basalto, oriundo da Formação Serra Geral, é viável para a viticultura na Região Vinícola Serra Gaúcha, pois as distâncias identificadas são inferiores a 50 km.

Neste sentido, Cola e Simão (2012) afirmam que a substituição de fertilizantes sintéticos por pó de rocha deve priorizar a utilização de insumos de origem mais próxima da área de cultivo, para reduzir os custos com transporte e, assim, atender as demandas da agricultura sustentável.

5 CONCLUSÕES

A utilização do Ekosil possibilitou economia de 3,36% de em relação ao uso do KCl.

Na atual conjuntura, as distâncias máximas economicamente viáveis para o transporte de remineralizadores foram 3407 e 4959 km, respectivamente considerando-se as despesas para o transporte realizado por veículos com capacidade de carga de 14 toneladas de 23 toneladas, respectivamente.

A substituição do KCl pelo Ekosil se torna viável quando a aquisição for realizada em grandes quantidades mesmo para regiões distantes da fonte.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Raphael Lorenzeto. **Map locator of Tocantins's Sítio Novo do Tocantins city**. 2006. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Tocantins_Municip_SitioNovodoTocantins.svg#/media/Ficheiro:Tocantins_Municip_SitioNovodoTocantins.svg. Acesso em 20 jan. 2022
- ALOVISI, Alessandra Mayumi Tokura et al. Uso do pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e33710615599-e33710615599, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15599>. Acesso em: 10 jan. 2022
- ANTT. **Resolução nº 5.959, de 20 de janeiro de 2022**. Altera a Resolução nº 5.867, de 14 de janeiro de 2020, que estabelece as regras gerais, a metodologia e os coeficientes dos pisos mínimos, referentes ao quilômetro rodado na realização do serviço de transporte rodoviário remunerado de cargas, por eixo carregado, instituído pela Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas - PNPM-TRC. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-5.959-de-20-de-janeiro-de-2022-375504795>. Acesso em 20 jan. 2022
- ASSIS, Tainara Cristina de et al. Caracterização da rocha fonolito para aplicação na agricultura. 2017. In: **XXV Jornada de Iniciação Científica e I Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação**. 2017. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2033/1/Tainara%20Cristina%20de%20Assis.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022
- BARBIERI, Rayner Sversut. **Recuperação de uma pastagem degradada e variação de atributos do solo: um estudo geostatístico e econômico**. 2020. 103 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP. Ilha Solteira: 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/191420>. Acesso em: 10 jan. 2022
- BRASIL. Lei nº 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**. Brasília: 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/112890.htm#:~:text=%E2%80%9CDisp%C3%B5e%20sobre%20a%20inspe%C3%A7%C3%A3o%20e,na%20data%20de%20sua%20publica%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 10 jan. 2022
- BRASIL. LEI Nº 6.894, DE 16 DE DEZEMBRO DE 1980. **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**. Brasília: 1980. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/l6894.htm. Acesso em: 10 jan. 2022
- BRITO, Rychaellen Silva et al. Rochagem na agricultuta: importância e vantagens para adubação suplementar. **South American Journal of basic education, technical and technological**, v. 6, n. 1, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/2331>. Acesso em: 10 jan. 2022
- CASTRO, Nicole Rennó; SILVA, Adriana Ferreira; GILIO, Leandro. Desempenho e inter-relações do setor de fertilizantes: uma análise segundo a ótica de insumo-produto. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 56, 2020. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/991>. Acesso em 10 jan. 2022
- CASTRO, Héwerton Alves Martins de. **Matemática financeira com abordagem em educação financeira para jovens do ensino médio**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado em Matemática). Universidade Federal de Roraima. Boa Vista: 2016. Disponível em: <https://w3.dmat.ufr.br/hector/DissertacaoHewerton.pdf>. Acesso em 07 mar. 2022.

COLA, Geovana Poton Arcobeli; SIMÃO, João Batista Pavesi. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 3, 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7422237>. Acesso em: 07 mar. 2022.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. O comportamento dos preços dos insumos agrícolas na produção de milho e soja. **Compêndio de Estudos Conab v. 1. 2016**. Brasília: Conab, 2016. Disponível em: https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_05_23_17_12_24_7o_compendio_de_estudos_comportamento_dos_precos_dos_insumos_agricolas_milho_e_soja_-_2017.pdf. Acesso em 12 fev. 2022

COSTA, Paulo et al. A dependência de importações no suprimento da demanda de fertilizantes no Brasil e sua entrada pelo porto de Santos. **Revista Produção Industrial & Serviços**, 5(2), 53-65. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/rev_prod/article/view/52414. Acesso em: 10 jan. 2022

DETTMER, Carlos Alberto et al. Agricultura e inovação: estudo sobre a viabilidade de uso do 'pó de rocha' em sistemas de produção agrícola. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO, 3., 2019, Naviraí. **Anais...** Naviraí: UFMS, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1119197>. Acesso em: 10 jan. 2022

DETTMER, Carlos Alberto et al. Uso de 'pó de rocha' em sistemas de produção agrícola: breve análise sobre viabilidade técnica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO, 4., 2020, Naviraí. **Anais...** Naviraí: UFMS, 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1126274>. Acesso em: 10 jan. 2022

DIAS FILHO, Moacyr Bernardino. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 38 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2022

EUTRÓPIO, Géssica Rogaleski. **Revisão bibliográfica: Resultados promissores com o uso de pó de basalto em solos e nutrição de plantas**. 2021. 41 f. TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Curitiba, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/228453>. Acesso em: 10 jan. 2022

FAROUTINE, Georgy. **Eficiência agrônômica do kamafugito como fonte de fósforo e potássio para a cultura do feijão - Uberlândia**. 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1385>. Acesso em 14 jan. 2022

FERREIRA, Pedro Furtado. **Panorama da produção de potássio e o potencial brasileiro: a exploração dos depósitos**. 2017. 41 f. TCC (Bacharelado em Geologia) - Faculdade de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. Disponível em: https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/906/1/TCC_PanoramaProducaoPotassio.pdf. Acesso em 12 fev. 2022

FRANÇA, Sílvia Cristina Alves et al. Avaliação de extração de potássio de nefelina sienito para uso como remineralizador de solos. **XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**. Belo Horizonte-MG: 2019. Disponível em: https://www.artigos.entmme.org/?wpfb_s&wpfb_file_sort=%3Cfile_size. Acesso em 10 jan. 2022

GOMES, Jose Ismael Teixeira et al. Resposta da cultura da soja a aplicação de subprodutos de rochagem e de *Azospirillum brasilense*. **Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão da Uergs (SIEPEX)**, v. 1, n. 10, 2021. Disponível em: <http://pev-proex.uergs.edu.br/index.php/xsiepex/article/view/3551>. Acesso em 13 jan. 2022

HOFF, Rosemary et al. Sistema de informações geográficas como contribuição à utilização de pó de rocha oriundo da formação serra geral em áreas de indicações geográficas vitivinícolas no Brasil. In: Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas. **Anais**. Poços de Caldas: Petrobras: Embrapa, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/978956>. Acesso em 07 mar. 2022

INSTITUTO BRASIL ORGÂNICO. **Mapa de pós de rocha registrados no Ministério da Agricultura disponíveis no Brasil** [recurso online]. 2021. Disponível em: <https://institutobrasilorganico.org/atuacao/mapa-de-remineralizadores/>. Acesso em: 10 jan. 2022

JORGE, Vanessa Silveira; ALVES, Juliana Mariano; SOUZA, Fred Newton da Silva. Uso da rochagem como técnica sustentável de recuperação de solos degradados. In: **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015**. Disponível em: <https://www.eventossolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/304.pdf>. Acesso em 31 jan. 2022

KLEIN, Zander Henrique de Lima. **Alteração nos atributos químicos do solo após aplicação de pó de basalto como remineralizador**. 2020. xi, 56 f. Dissertação (mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual de Maringá, 2020., Maringá, PR. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5893>. Acesso em 10 jan. 2022

KRUKER, Gregory. **Adubação com pó de rocha e plantas de cobertura em sucessão soja (glycine max) e trigo (Triticum aestivum)**. 2019. 120f. Dissertação (Mestre em Ciência Do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina. Lajes-SC, 2019. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1470/Disserta__o_Gregory_UDESC_corrigida_19_09_2019_15784909911253_1470.pdf. Acesso em 20 jan. 2022

LAJÚS, Cristiano Reschke et al. Aspectos qualitativos e quantitativos de variedades de alface submetidas a concentrações de pó de rocha em cultivo orgânico. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 49489-49512, 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/29933>. Acesso em: 10 jan. 2022

LIMA, Saulo de Oliveira et al. Caracterização fisiográfica do estado do Tocantins e principalmente dos solos nas várzeas no vale do Araguaia estado do Tocantins. In: **10ª JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO ISSN 2179-5649**. 2019. Disponível em: <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/10jice/paper/view/9641>. Acesso em 20 jan. 2022

MACEDO, Manuel Claudio Motta; ARAÚJO, Alexandre Romeiro. Sistemas de produção em integração: alternativa para recuperação de pastagens degradadas. **Embrapa Gado de Corte- Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1112923>. Acesso em 23 jan. 2022

MACIEIRA, Francisca Junia. **Estudo da modificação química da rocha serpentinito para aplicações agrícolas e revegetação**. 2018. 142f. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/26654>. Acesso em 17 jan. 2022

MALAVOLTA, Euripedes. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: CERES, 2006

MANERICH, Amanda Aparecida. **Utilização de remineralizador em crescimento inicial de *Pinus taeda***. 2021. 42 f. TCC (graduação Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Catarina. Curitibanos, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/228492>. Acesso em: 10 jan. 2022

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016**. Brasília, 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 23 jan. 2022.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução Normativa nº 6, de 10 de março de 2016**. Brasília, 2016. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393222/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-6-de-10-de-marco-de-2016-21393092. Acesso em 23 jan. 2022.

MOTTA, Marcelo Batista. Avaliação do potencial de potássio no Brasil: área Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, estados do Amazonas e Pará. Manaus: **Informes de recursos minerais CPRM**, 2020. Disponível em: <http://dspace.cprm.gov.br/handle/doc/21740>. Acesso em 12 fev. 2022

OGINO, Cristiane Mitie et al. Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/YRXYFYCdQnYcqBzRVxnn5Zd/abstract/?lang=pt>. Acesso em 07 fev. 2022

OLIVEIRA, Maiara Prates; MALAGOLLI, Guilherme Augusto; CELLA, Daltro. Mercado de fertilizantes: Dependência de importações do Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 489-498, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/606>. Acesso em 07 fev. 2022

PÁDUA, Eduane José De. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo). Universidade Federal de Lavras: Lavras-MG, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76755/1/Alvaro-Dissertacao-Eduane.pdf>. Acesso em 31 jan. 2022

PEREIRA, Mariana de Aragão et al. Pastagens: condicionantes econômicos e seus efeitos nas decisões de formação e manejo. **Embrapa Gado de Corte-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1123956>. Acesso em 20 jan. 2022

QUINTANA, Núria Rosa Gagliardi; DE CARVALHO BUENO, Osmar; DE MELO, Wanderley José. Custo de transporte do lodo de esgoto para viabilidade no uso agrícola. **Energia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 90-96, 2012. Disponível em: <https://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/648>. Acesso em 06 set. 2022

SANTOS, Roberto Vatan. Custos operacionais e formação de preço de frete no transporte rodoviário de cargas um estudo de caso. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2007. Disponível em: <http://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/1429>. Acesso em 06 set. 2022

SCHNEIDER, Sabrina. Resultado econômico do imobilizado: um estudo com a frota de veículos da transportadora familiar Alfa. 2020. **TCC**. Bacharelado em Ciências Contábeis. Universidade de Caxias do Sul. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/9476>. Acesso em 06 set. 2022

SILVA, Aline da et al. Avaliação dos efeitos da aplicação de basalto moído na fertilidade do solo e nutrição de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 69-76, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/26300>. Acesso em 13 jan. 2022

SILVEIRA, César Martoreli et al. Produtividade do amendoim sob efeito residual da rochagem em área de reforma de canavial. **South American Sciences**, v. 2, n. edesp1, p. e21127-e21127, 2021. Disponível em: <https://southamericansciences.com.br/index.php/sas/article/view/127>. Acesso em 10 jan. 2022

SILVEIRA, Rafael Toscani Gomes da Silveira. **Uso de rochagem pela mistura de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural de solos tropicais lixiviados**. 2016. viii, 98 f., il. 2016. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/21151>. Acesso em 17 jan. 2022

SOUZA, Fred Newton da Silva et al. Efeitos de um remineralizador de solos (biotita-xisto) na produção de duas variedades de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 12, p. 45-59, 2016. Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/2358>. Acesso em 17 jan. 2022

SOUZA, Fred Newton da Silva. **O potencial de agrominerais silicáticos como fonte de nutrientes na agricultura tropical**. 2014. xii, 107 f., il. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em:

http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18064/1/2014_FredNewtondaSilvaSouza.pdf. Acesso em 17 jan. 2022

TERRA ANÁLISES PARA AGROPECUÁRIA LTDA. **Resultado de análise laboratorial de solo**. Goiânia: 2019.

THEODORO, Suzi Huff et al. Rochas basálticas para rejuvenescer solos intemperizados. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 22, n. 37, p. 01-120, jan./jun. 2021. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22509>. Acesso em 10 jan. 2022

THEODORO, Suzi Huff, ALMEIDA, Edinei. Agrominerais e a construção da soberania em insumos agrícolas no Brasil. **Agriculturas**. v. 10, n. 1, 22-28 p., 2013 Disponível em: <http://aspta.org.br/article/agrominerais-e-a-construcao-da-soberania-em-insumos-agricolas-no-brasil/>. Acesso em 20 jan. 2022

THEODORO, Suzi Huff; LEONARDOS, Othon Henry. Rochagem: uma questão de soberania nacional. In: **XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica**. Gramado. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Suzi-Theodoro/publication/265509414_ROCHAGEM_UMA_QUESTAO_DE_SOBERANIA_NACIONAL/links/54108c990cf2df04e75d60c7/ROCHAGEM-UMA-QUESTAO-DE-SOBERANIA-NACIONAL.pdf. Acesso em 14 jan. 2022

THEODORO, Suzi Huff; MEDEIROS, Fernanda de Paula. Uso de remineralizadores na recuperação de áreas degradadas: estudo de caso do reservatório de Três Marias/MG. In: **Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem, 8 a 11 de novembro de 2016**. p. 395-401. Disponível em: Acesso em 31 jan. 2022

WRITZL, Thaniel Carlson et al. Produção de milho pipoca com uso do pó de rocha de basalto associado à cama de frango em Latossolo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 101-109, 2019. Disponível em: <https://scholar.archive.org/work/n5gdt52levhifekqvmvq4brsua/access/wayback/https://periodicos.ufv.br/rbas/article/download/3077/pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022

ZIMMER, Ademir Hugo et al. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2012. 42 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/951322/1/DOC189.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022

Anexo I – Análise química de solo da Fazenda Macaúba (Sítio Novo do Tocantins – TO)

 <h1 style="margin: 0;">TERRA</h1> <p style="margin: 0;">ANÁLISES PARA AGROPECUÁRIA</p>	<p>TERRA ANÁLISES PARA AGROPECUÁRIA LTDA. GOIÂNIA - GO: AV. CARIRI, 140 - J. DIAMANTINA - CEP 74.573-130 FONES: (62) 3210-1862 / 3210-1173 site: www.laboratorioterra.com.br e-mail: terra@laboratorioterra.com.br</p>
---	--

Análise de Solo

Código : GYN 719487 Amostra : PASTAGEM 1 (PE MANGA)	Código : GYN 719488 Amostra : PASTAGEM 2 POJUCA	Código : Amostra :
--	--	-----------------------

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>pH (CaCl2)</td><td><i>Un.</i></td><td>4.4</td></tr> <tr><td>Ca</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>1.5</td></tr> <tr><td>Mg</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>0.4</td></tr> <tr><td>Ca+Mg</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>1.9</td></tr> <tr><td>Al</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>0.30</td></tr> <tr><td>H+Al</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>3.7</td></tr> <tr><td>CTC</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>5.70</td></tr> <tr><td>P (Mehlich I)</td><td><i>mg/dm³</i></td><td>3</td></tr> <tr><td>K</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>0.097</td></tr> <tr><td>K</td><td><i>mg/dm³</i></td><td>38</td></tr> <tr><td>Mat. Org.</td><td><i>%</i></td><td>1.0</td></tr> <tr><td>Mat. Org.</td><td><i>g/kg</i></td><td>10.0</td></tr> <tr><td>Sat. Al (M%)</td><td><i>%</i></td><td>13</td></tr> <tr><td>Sat. Base (V%)</td><td><i>%</i></td><td>35</td></tr> <tr><td>Ca/Mg</td><td><i>-</i></td><td>3.8</td></tr> <tr><td>Ca/CTC</td><td><i>%</i></td><td>26.3</td></tr> <tr><td>Mg/CTC</td><td><i>%</i></td><td>7.0</td></tr> <tr><td>(H+Al)/CTC</td><td><i>%</i></td><td>64.9</td></tr> <tr><td>K/CTC</td><td><i>%</i></td><td>1.7</td></tr> <tr><td>Argila</td><td><i>%</i></td><td>17</td></tr> <tr><td>Argila</td><td><i>g/kg</i></td><td>170.0</td></tr> <tr><td>Silte</td><td><i>%</i></td><td>14</td></tr> <tr><td>Silte</td><td><i>g/kg</i></td><td>140.0</td></tr> <tr><td>Areia</td><td><i>%</i></td><td>69</td></tr> <tr><td>Areia</td><td><i>g/kg</i></td><td>690.0</td></tr> </table>	pH (CaCl2)	<i>Un.</i>	4.4	Ca	<i>cmolo/dm³</i>	1.5	Mg	<i>cmolo/dm³</i>	0.4	Ca+Mg	<i>cmolo/dm³</i>	1.9	Al	<i>cmolo/dm³</i>	0.30	H+Al	<i>cmolo/dm³</i>	3.7	CTC	<i>cmolo/dm³</i>	5.70	P (Mehlich I)	<i>mg/dm³</i>	3	K	<i>cmolo/dm³</i>	0.097	K	<i>mg/dm³</i>	38	Mat. Org.	<i>%</i>	1.0	Mat. Org.	<i>g/kg</i>	10.0	Sat. Al (M%)	<i>%</i>	13	Sat. Base (V%)	<i>%</i>	35	Ca/Mg	<i>-</i>	3.8	Ca/CTC	<i>%</i>	26.3	Mg/CTC	<i>%</i>	7.0	(H+Al)/CTC	<i>%</i>	64.9	K/CTC	<i>%</i>	1.7	Argila	<i>%</i>	17	Argila	<i>g/kg</i>	170.0	Silte	<i>%</i>	14	Silte	<i>g/kg</i>	140.0	Areia	<i>%</i>	69	Areia	<i>g/kg</i>	690.0	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>pH (CaCl2)</td><td><i>Un.</i></td><td>4.9</td></tr> <tr><td>Ca</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>2.9</td></tr> <tr><td>Mg</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>0.9</td></tr> <tr><td>Ca+Mg</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>3.8</td></tr> <tr><td>Al</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>0.00</td></tr> <tr><td>H+Al</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>3.4</td></tr> <tr><td>CTC</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>7.46</td></tr> <tr><td>P (Mehlich I)</td><td><i>mg/dm³</i></td><td>2</td></tr> <tr><td>K</td><td><i>cmolo/dm³</i></td><td>0.256</td></tr> <tr><td>K</td><td><i>mg/dm³</i></td><td>100</td></tr> <tr><td>Mat. Org.</td><td><i>%</i></td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Mat. Org.</td><td><i>g/kg</i></td><td>12.0</td></tr> <tr><td>Sat. Al (M%)</td><td><i>%</i></td><td>0</td></tr> <tr><td>Sat. Base (V%)</td><td><i>%</i></td><td>54</td></tr> <tr><td>Ca/Mg</td><td><i>-</i></td><td>3.2</td></tr> <tr><td>Ca/CTC</td><td><i>%</i></td><td>38.7</td></tr> <tr><td>Mg/CTC</td><td><i>%</i></td><td>12.0</td></tr> <tr><td>(H+Al)/CTC</td><td><i>%</i></td><td>45.3</td></tr> <tr><td>K/CTC</td><td><i>%</i></td><td>3.4</td></tr> <tr><td>Argila</td><td><i>%</i></td><td>23</td></tr> <tr><td>Argila</td><td><i>g/kg</i></td><td>230.0</td></tr> <tr><td>Silte</td><td><i>%</i></td><td>13</td></tr> <tr><td>Silte</td><td><i>g/kg</i></td><td>130.0</td></tr> <tr><td>Areia</td><td><i>%</i></td><td>64</td></tr> <tr><td>Areia</td><td><i>g/kg</i></td><td>640.0</td></tr> </table>	pH (CaCl2)	<i>Un.</i>	4.9	Ca	<i>cmolo/dm³</i>	2.9	Mg	<i>cmolo/dm³</i>	0.9	Ca+Mg	<i>cmolo/dm³</i>	3.8	Al	<i>cmolo/dm³</i>	0.00	H+Al	<i>cmolo/dm³</i>	3.4	CTC	<i>cmolo/dm³</i>	7.46	P (Mehlich I)	<i>mg/dm³</i>	2	K	<i>cmolo/dm³</i>	0.256	K	<i>mg/dm³</i>	100	Mat. Org.	<i>%</i>	1.2	Mat. Org.	<i>g/kg</i>	12.0	Sat. Al (M%)	<i>%</i>	0	Sat. Base (V%)	<i>%</i>	54	Ca/Mg	<i>-</i>	3.2	Ca/CTC	<i>%</i>	38.7	Mg/CTC	<i>%</i>	12.0	(H+Al)/CTC	<i>%</i>	45.3	K/CTC	<i>%</i>	3.4	Argila	<i>%</i>	23	Argila	<i>g/kg</i>	230.0	Silte	<i>%</i>	13	Silte	<i>g/kg</i>	130.0	Areia	<i>%</i>	64	Areia	<i>g/kg</i>	640.0
pH (CaCl2)	<i>Un.</i>	4.4																																																																																																																																																					
Ca	<i>cmolo/dm³</i>	1.5																																																																																																																																																					
Mg	<i>cmolo/dm³</i>	0.4																																																																																																																																																					
Ca+Mg	<i>cmolo/dm³</i>	1.9																																																																																																																																																					
Al	<i>cmolo/dm³</i>	0.30																																																																																																																																																					
H+Al	<i>cmolo/dm³</i>	3.7																																																																																																																																																					
CTC	<i>cmolo/dm³</i>	5.70																																																																																																																																																					
P (Mehlich I)	<i>mg/dm³</i>	3																																																																																																																																																					
K	<i>cmolo/dm³</i>	0.097																																																																																																																																																					
K	<i>mg/dm³</i>	38																																																																																																																																																					
Mat. Org.	<i>%</i>	1.0																																																																																																																																																					
Mat. Org.	<i>g/kg</i>	10.0																																																																																																																																																					
Sat. Al (M%)	<i>%</i>	13																																																																																																																																																					
Sat. Base (V%)	<i>%</i>	35																																																																																																																																																					
Ca/Mg	<i>-</i>	3.8																																																																																																																																																					
Ca/CTC	<i>%</i>	26.3																																																																																																																																																					
Mg/CTC	<i>%</i>	7.0																																																																																																																																																					
(H+Al)/CTC	<i>%</i>	64.9																																																																																																																																																					
K/CTC	<i>%</i>	1.7																																																																																																																																																					
Argila	<i>%</i>	17																																																																																																																																																					
Argila	<i>g/kg</i>	170.0																																																																																																																																																					
Silte	<i>%</i>	14																																																																																																																																																					
Silte	<i>g/kg</i>	140.0																																																																																																																																																					
Areia	<i>%</i>	69																																																																																																																																																					
Areia	<i>g/kg</i>	690.0																																																																																																																																																					
pH (CaCl2)	<i>Un.</i>	4.9																																																																																																																																																					
Ca	<i>cmolo/dm³</i>	2.9																																																																																																																																																					
Mg	<i>cmolo/dm³</i>	0.9																																																																																																																																																					
Ca+Mg	<i>cmolo/dm³</i>	3.8																																																																																																																																																					
Al	<i>cmolo/dm³</i>	0.00																																																																																																																																																					
H+Al	<i>cmolo/dm³</i>	3.4																																																																																																																																																					
CTC	<i>cmolo/dm³</i>	7.46																																																																																																																																																					
P (Mehlich I)	<i>mg/dm³</i>	2																																																																																																																																																					
K	<i>cmolo/dm³</i>	0.256																																																																																																																																																					
K	<i>mg/dm³</i>	100																																																																																																																																																					
Mat. Org.	<i>%</i>	1.2																																																																																																																																																					
Mat. Org.	<i>g/kg</i>	12.0																																																																																																																																																					
Sat. Al (M%)	<i>%</i>	0																																																																																																																																																					
Sat. Base (V%)	<i>%</i>	54																																																																																																																																																					
Ca/Mg	<i>-</i>	3.2																																																																																																																																																					
Ca/CTC	<i>%</i>	38.7																																																																																																																																																					
Mg/CTC	<i>%</i>	12.0																																																																																																																																																					
(H+Al)/CTC	<i>%</i>	45.3																																																																																																																																																					
K/CTC	<i>%</i>	3.4																																																																																																																																																					
Argila	<i>%</i>	23																																																																																																																																																					
Argila	<i>g/kg</i>	230.0																																																																																																																																																					
Silte	<i>%</i>	13																																																																																																																																																					
Silte	<i>g/kg</i>	130.0																																																																																																																																																					
Areia	<i>%</i>	64																																																																																																																																																					
Areia	<i>g/kg</i>	640.0																																																																																																																																																					

Metodologia aplicada para as análises: *SOLO: Manual de Métodos de Análise de Solo Embrapa Solos 2017 OBS: O Laboratório Terra não é responsável pela coleta da amostra de solo, para dirimir eventuais dúvidas, a amostra é arquivada por 90 dias. Não serão feitas quaisquer alterações no nome do proprietário, da propriedade e município posterior ao envio dos resultados.