

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

REMINERALIZAÇÃO DE SOLOS (ROCHAGEM) EM UM ASSENTAMENTO NO
MUNICÍPIO DE IPERÓ, SP

Cezar Augusto Parladore

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF 21/06)

Orientador: Paulo Cesar Boggiani
Coorientador: Antônio Carlos Azevedo

São Paulo, 2021

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	10
3. JUSTIFICATIVA	11
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4.1 REMINERALIZAÇÃO DO SOLO POR ROCHAGEM	12
4.2 GEOLOGIA REGIONAL	15
5. MATERIAIS E MÉTODOS	18
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
5.2 REVISÃO DOS ESTUDOS DE ROCHAGEM	19
5.3 AVALIAÇÃO DA GEOLOGIA REGIONAL.....	20
5.4 LAUDOS DE FERTILIDADE DO SOLO DO ASSENTAMENTO IPANEMA	20
5.5 VISITA AO ASSENTAMENTO IPANEMA E COLETA DE AMOSTRA DE SOLO DE - ALTERAÇÃO DE ROCHA.....	21
5.6 ANÁLISE QUÍMICA DA AMOSTRA DE ROCHA POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X.....	22
6. RESULTADOS	23
6.1 ESTUDOS RECENTES COM ROCHAGEM	23
6.2 UNIDADES GEOLÓGICAS REGIONAIS COM POTENCIAL PARA ROCHAGEM	24
6.3 INTERPRETAÇÃO DOS LAUDOS DE FERTILIDADE DO SOLO DO ASSENTAMENTO IPANEMA	25
6.4 AFLORAMENTO NA RODOVIA SANTOS DUMMONT – NOVO LITOTIPO ALVO PARA SER EMPREGADO COMO REMINERALIZADOR NA REGIÃO	29
6.5 RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA E DIFRATOMETRIA DE RAIOS X	31
7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	33
7.1 FERTILIDADE DO SOLO DO ASSENTAMENTO IPANEMA	33
7.2 ROCHAS COM POTENCIAL PARA ROCHAGEM NA ÁREA DE ESTUDO.....	34
7.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA DO MATERIAL COLETADO NA RODOVIA SANTOS DUMMONT (NOVO LITOTIPO).....	34
8. CONCLUSÃO	36
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXO A – LAUDOS DE FERTILIDADE DO SOLO DO ASSENTAMENTO IPANEMA.....	41
ANEXO B – LAUDO DA ANÁLISE QUÍMICA POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X (FRX).....	49
ANEXO C – LAUDO DA ANÁLISE MINERALÓGICA POR DIFRATOMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X (DFX).....	52

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais acima de tudo. Agradeço à minha mãe Maria das Graças pela garra e pelo amor incondicional, sem os quais não teria sobrevivido a missão de criar dois filhos com tanta dedicação. A meu pai Paulo Cezar pela força e incentivo; mesmo longe esteve sempre atento a nós. A minha irmã pela doçura e exemplo de superação. Amo muito todos vocês. Obrigado a minhas avós Dirce Parladore e Josefina Previdelli, mulheres guerreiras que amo e admiro muito. Obrigado a minha madrinha Maura Martins por ser meu anjo da guarda e meu padrinho José Martins pelos exemplos. Obrigado a Laurice Mariano Rossi por acreditar em mim e pelo carinho.

Agradeço imensamente aos professores que fizeram eu ser quem sou hoje e por me mostrarem a beleza do conhecimento e a humildade que advém dele: Neuza Borges, Rosângela, Sandra, Maria João, Fábio, Marineide, Arnaldo Piloto, Heron, Fabiana, Alexandra Suhogusoff, Paulo Boggiani, Lucelene Martins, Waldir Bevidas, Maria Helena, Valdecir Janasi, Renato de Moraes, Adriana Alvas, Mário Campos e tantos outros que não cabem nessa lista.

Agradeço a meus amigos Kadu, Maria Catarina, Michele, Ju, Vanderlei, Geovana e os demais que fizeram minha passagem pelo Nobel tão especial. Obrigado aos meus amigos de faculdade Yasmin, Thainá, Geovana, Karina, Jessica, Nayara, Clara, Milena, Laís, Amanda, Maria Luisa, Luiz, Júlia e tantos outros pelas conversas, conselhos, festas, perrengues, campos e sessões de sala 108 que não teriam sido tão boas sem vocês por perto. Aos meus amigos do CRUSP Lucas, Nayara, Vilma, Baby, Pepe e Patrícia. A todo vocês, obrigado por me dar forças para continuar e chegar até aqui.

Obrigado Matheus e Hortência, minha segunda família e meu porto seguro, pela compreensão, carinho, suporte, carnavais (bons e ruins) e amizade incondicional. Amo vocês e espero estar sempre por perto para compartilhar bons momentos e poder ajudar quando precisarem.

Obrigado Diogo pelo carinho, amizade, força, risos, piadas, conselhos, açaís e por me tolerar e me amar; saiba que você tem um lugar especial no meu coração.

Thanks so much Con for helping me during all my stay in Edinburgh. Thanks Angus for showing me your country and your culture in a way I could never have experienced by myself. Thank you Anya for being so kind and being around when I needed comfort. Thanks Christoph for being such a great roommate and a friend, and for the great movie sessions.

Grazie Linda, Nicola e Mavi per l'amicizia e l'amore che mi avete dato. Anche se non ci sentiamo spesso come una volta, lascio qui registrato per sempre la mia infinita gratitudine per essere stati parte della mia vita. Non ho dimenticato l'italiano e non lo dimenticherò mai

perche non solo mi avete insegnato una lingua, ma anche una cultura e un modo di vivere. Grazie mille patatine.

Agradeço ainda a Gabriela Sonego, Letícia Camaliente, Rafael Flores, Carolina Gualqui, Raquel Esmeraldo, Ana Karina, Robson Rocha e todos os profissionais da saúde que me ajudaram nos desafios que passei e sem os quais eu não estaria aqui. Obrigado por exercerem suas profissões com amor e dedicação que me mostraram mais um motivo para viver.

Agradeço aos colegas de trabalho André Camaliente, Laura Tofanello, Eduardo Costa, Gabriel, Thaynã, Ana Porto, Aline Ansara, Paulo, Thais, Lais Trento, Daniela Souza e tantos outros que serviram de espelho e exemplo na minha formação profissional.

Agradeço por fim aos meus orientadores Prof. Dr. Paulo Cesar Boggiani e Prof. Dr. Antônio Carlos Azevedo pela orientação, suporte, lições e incentivo para dar o melhor de mim nesse trabalho de formatura.

A todos os que menciono aqui e aos que não couberam nessa lista breve, meus sinceros agradecimentos. Sem a passagem de vocês na minha vida, certamente eu não teria chegado tão longe. Serei eternamente grato.

*Dedico esse trabalho a mim;
Ao momento em que tive de escolher entre a certeza de desistir e a dúvida de continuar.
Hoje tenho a certeza de que fiz a escolha certa.*

RESUMO

O Brasil depende fortemente da importação de fertilizantes como cloreto de potássio para suprir a demanda de uma agricultura intensiva e em expansão associada a solos tropicais intemperizados, os quais demandam aplicações elevadas de fertilizantes e corretivos de acidez. Uma alternativa para diminuir a dependência de fertilizantes industriais é o uso de pó de rochas específicas para remineralizar os solos, técnica conhecida como rochagem. Nos últimos anos, pesquisadores têm estudado a eficácia de rochas brasileiras, principalmente rochas ígneas alcalinas, máficas e ultramáficas como fontes de nutrientes vegetais (e.g. Ca, K, P, Mg e Fe) com resultados promissores. Este trabalho reuniu os principais resultados de trabalhos recentes sobre o tema e comparou a geologia regional na região do município de Iperó, São Paulo, em busca de unidades com rochas compatíveis àquelas com bons resultados em estudos. Os resultados foram utilizados para mostrar se há rochas num raio de 25km centrado no Assentamento Ipanema, localizado em Iperó, que poderiam ser utilizadas para melhorar a fertilidade do solo no local e suprir deficiências nutricionais a longo prazo. Ocorrem na região rochas do Grupo Itararé, Formação Teresina, Formação Tatuí, rochas do Complexo Alcalino Ipanema e do Granito Sorocaba. Dessas, apenas as duas últimas mostram potencial para rochagem com base nos estudos publicados, porém ambas são inacessíveis para obtenção de pó de rocha, por questões legais e econômicas. Análises de fertilidade do solo do Assentamento Ipanema mostram deficiência de potássio e fósforo com base nos valores de referência do Boletim 100 do Instituto Agrônomo. Um afloramento próximo foi encontrado com solo argiloso que pode ser o produto de alteração de uma rocha alcalina relacionada ao magmatismo do Complexo Alcalino Ipanema com base nos resultados de DRX e FRX. As análises desse material mostram teor relativamente elevado de K_2O de 4,4% e presença de esmectita, um filossilicato 2:1 com alta CTC. Esse novo litotipo poderá ser mapeado em detalhe na região e, a partir de análises futuras de fertilidade do solo, poderá ser utilizado no Assentamento Ipanema como remineralizador após certificação.

ABSTRACT

Brazil is highly dependent on imports of industrial fertilizers such as potassium chloride to meet the demand of a intensive, in expansion agriculture associated to weathered tropical soils, which require high applications of fertilizers and acidity regulators. An alternative to decrease the dependence on industrial fertilizers is the application of rock dust as a soil remineralizer, a technique known as stonemeal. In recent years, investigators have been studying the performance of Brazilian rocks, in particular alkaline, mafic and ultramafic igneous rocks as a source of nutrients for plants (e.g. Ca, K, P, Mg and Fe) with promising results. The present work brought together the main results of recent publications on the subject and compared the regional geology in the region of Iperó, São Paulo, searching for geological units with rocks compatible to the ones with good results reported. The result was used to show if there are rocks in a 25km radius centered on the Ipanema Settlement, in Iperó, that could be used to improve the local soil fertility and address the nutrient deficiencies in the long term. Occur in the region rocks from the Itararé Group, Teresina Formation, Tatuí Formation and rocks from the Ipanema Alkaline Complex and Sorocaba Granite. Among those, Only the last two units show potential for stonemeal based on published studies, however both are inaccessible sources of rock dust due to legal and economic issues. Soil fertility analyses of samples from the Ipanema Settlement show potassium and phosphorous deficiency when compared to the reference values reported in the Boletim 100 by Instituto Agronômico. A nearby outcrop was found with clayey soil that could be the alteration product of an alkaline rock related to the magmatism from the Ipanema Alkaline Complex based on the XRF and XRD analyses results. The analyses of that material show a relatively high content of K_2O of 4.4% and presence of smectite, a 2:1 phyllosilicate with high cation exchange capacity (CEC). This new lithotype could be mapped in deail and, coupled with further soil fertility analyses, could be used in the Ipanema Settlement as a soil remineralizer after certification.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial e do consumo de produtos agrícolas, são necessárias estratégias para manter a qualidade e fertilidade do solo. No Brasil, a expansão das lavouras gerou uma demanda de fertilizantes químicos (principalmente dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio) maior do que se tem disponível no território.

Dados de 2008 apontavam o Brasil como quarto maior consumidor mundial de fertilizantes, importando 90,8% (6,6 milhões de toneladas) da demanda por cloreto de potássio e 99,7% da demanda de difosfato de amônia (Cella e Rossi, 2010). Em 2018 o país importou 10,5 toneladas de cloreto de potássio – 42% do total importado de fertilizantes naquele ano (GlobalFert, 2019). A situação é mais crítica frente a carência de potássio e fósforo em geral dos solos brasileiros (Cola e Simão, 2012; Pádua, 2012).

Apesar das vantagens evidentes do uso de fertilizantes industriais (indispensáveis para a manutenção da agricultura contemporânea) como a alta concentração e pureza de elementos específicos, produção em larga escala e disponibilização rápida para as plantas, têm sido apontados diversos problemas que decorrem do uso em larga escala desses produtos. O uso excessivo e mal gerenciado de fertilizantes, associados ao fato destes serem mais facilmente incorporados e disponibilizados no solo, e nem sempre serem absorvidos em totalidade pelas plantas (Taiz et al., 2006), pode resultar, por exemplo, em grandes quantidades de nutrientes lixiviados do solo, posterior acúmulo em corpos d'água e casos de eutrofização (Valente et al., 1997). Outro ponto que merece atenção é o custo dos fertilizantes industriais que podem inviabilizar economicamente o uso por pequenos agricultores (Escalante, 2003).

Diante deste cenário, vários estudos nas últimas duas décadas têm investigado a viabilidade de se utilizar rocha moída e rejeitos finos de mineração como alternativa para a fertilização e revitalização de solos cultiváveis, técnica conhecida como rochagem para remineralização de solos (Theodoro et al., 2006). De modo geral, as técnicas testadas consistem no uso de pós de rochas que contenham na sua composição minerais que podem fornecer quantidades apreciáveis de nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio e baixo teor de sílica. Além disso, a rochagem permite a formação de minerais neoformados como argilas que, dependendo da quantidade e de sua natureza, podem aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo e melhorar a retenção de nutrientes (Theodoro et al., 2021) e afetar positivamente a microbiologia no substrato (Silva et al., 2008).

Sendo assim, a rochagem se mostra como uma opção interessante para uso em locais onde predomina a agricultura familiar, onde o custo de fertilizantes químicos industrializados pode ser um impeditivo para melhorar a fertilidade do solo. Um local de importância regional nesse contexto é o Assentamento Ipanema, localizado no município de Iperó, SP, que é um

dos mais antigos assentamentos do estado de São Paulo e um importante produtor de frutas e hortaliças que abastecem cidades como Sorocaba e São Paulo. Como ali a produção é majoritariamente familiar e em parte certificada como orgânica, o uso de pó de rocha pode se apresentar como uma alternativa econômica, eficaz e acessível, especialmente se existirem fontes próximas ao Assentamento.

2. OBJETIVOS

O trabalho proposto tem como objetivo uma análise exploratória sobre a técnica de remineralização de solo e a identificação de possíveis fontes de pó de rocha para remineralização para uso no Assentamento Ipanema. A localização de fontes será feita a partir da interseção das unidades geológicas apresentadas em mapas geológicos da borda leste da Bacia do Paraná e das rochas que têm tido resultados positivos em estudos de rochagem com relação ao fornecimento de nutrientes e melhoria da fertilidade do solo. Também nortearão a pesquisa informações sobre a fertilidade do solo do Assentamento Ipanema.

Como objetivos específicos se tem:

- i) Revisão bibliográfica das pesquisas publicadas recentemente (nos últimos vinte anos) envolvendo uso de pó de rocha na remineralização de solos (rochagem).
- ii) Levantamento de possíveis deficiências em macro e micronutrientes¹ nos solos do Assentamento Ipanema em Iperó;
- iii) Revisão da geologia regional para levantamento de potenciais fontes de material para rochagem (i.e. minas em operação com rejeito adequado para uso como remineralizador ou ocorrências minerais que poderiam fornecer material semelhante) através da análise de mapas geológicos e eventuais atividades de campo;
- iv) Avaliação da viabilidade econômica do uso de rejeitos considerando-se a logística de transporte do material, demanda e consumo na agricultura do assentamento e qualidade do pó de rocha utilizado (com base no que for levantado no item i) e de acordo com a Instrução Normativa (IN) 05/2016 (MAPA, 2016a), caso sejam encontradas fontes de interesse próximas ao Assentamento Ipanema e estas se enquadrem nos parâmetros exigidos pela legislação.

¹ São exemplos de macronutrientes os elementos N, K, Ca, Mg e P e de micronutrientes os elementos Cl, Fe, Zn e Mo. A divisão entre macro e micronutrientes se deve à maior ou menor concentração em peso desses elementos em tecido vegetal seco e não em termos da importância fisiológica que eles carregam (Taiz et al., 2006).

3. JUSTIFICATIVA

O presente trabalho justifica-se por trazer informações a respeito da viabilidade de se utilizar a rochagem em um assentamento rural levando-se em conta fatores importantes que são pouco discutidos nas pesquisas recentes: a presença de rochas com potencial para rochagem no entorno de uma região. Os estudos encontrados na literatura têm como enfoque geralmente as análises químicas e mineralógicas de certas rochas na tentativa de se encontrar bons teores de macronutrientes ou a caracterização dos efeitos do pó de rocha após aplicado no solo de diferentes culturas. Menos explorado, porém, é se as rochas adequadas encontradas estão próximas de locais onde poderão ser aplicadas. Uma vez que a maior parte em peso das rochas silicáticas compõe-se por sílica livre, que ao final do intemperismo não servirão como nutrientes às plantas, são necessários volumes muito maiores de pó de rocha para fornecer a mesma quantidade de um nutriente (Pádua, 2012). Sendo assim, a distância da fonte ao local de aplicação do pó de rocha tem um peso alto no valor final pago pelo agricultor e é algo que tentará ser elucidado neste trabalho.

Também importante, o plano de manejo da Flona de Ipanema (ICMBIO, 2017) relata que na área ocupada pelos moradores do assentamento Ipanema são desenvolvidas “atividades agropecuárias que não utilizam métodos e técnicas de uso sustentável dos recursos naturais”. Faz referência ainda ao Art. 5º do SNUC (sigla para Sistema Nacional de Unidades de Conservação, instituído pela lei N° 9.985 de julho de 2000) que diz:

(...) O SNUC será regido por diretrizes que: (...) IX - considerem as condições e necessidades das populações locais no desenvolvimento e adaptação de métodos e técnicas de uso sustentável dos recursos naturais; (...).

Há um conflito, portanto, entre o estabelecido pelo plano de manejo da Flona de Ipanema e parte do terreno ocupado pelo Assentamento Ipanema que se encontra dentro dos limites da unidade de conservação (Oliveira, 2016). A rochagem poderia mostrar um caminho para que a agricultura dentro ou no entorno da Flona possa ocorrer seguindo princípios de agricultura sustentável e agroecologia, logo fortalecendo a coexistência do assentamento e da unidade de conservação em espaços tão próximos. Lideranças do assentamento ainda demonstraram o interesse no uso de rochagem e já há experiências ocorrendo com pó de rocha no local.

Deve-se destacar também que, uma vez mostrada a viabilidade da aplicação no Assentamento Ipanema, o custo geralmente menor da fertilização com rochagem pode contribuir no aumento do lucro dos produtores e ampliar o uso de fertilização entre os agricultores. As fontes de material encontradas podem ainda ser usadas por outros agricultores da região.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Remineralização do Solo por Rochagem

Os primeiros estudos do uso de rochagem no Brasil se iniciaram na década de 1950, tendo como principal nome o professor Othon Leonardos da Universidade de Brasília (Pádua, 2012). De acordo com (Pádua, 2012), a rochagem é “uma técnica de fertilização baseada na adição de pó de determinados tipos de rocha ou minerais com a capacidade de alterar positivamente a fertilidade dos solos sem afetar o equilíbrio do ambiente”. Esses materiais devem ser fontes naturais de fósforo, potássio, cálcio e magnésio (Theodoro et al., 2006). É desejável ainda que o material contenha micronutrientes (e.g. Fe, Mo e Mn), teor reduzido de sílica e baixa concentração de metais como Ni e Cr – metais que podem se acumular no solo e prejudicar a absorção de outros cátions como Ca e Mg (Beerling et al., 2018).

Devido principalmente a fatores como os resultados promissores que têm sido obtidos nos estudos com rochagem, a crescente demanda por insumos alternativos aos fertilizantes solúveis, interesse por produtos orgânicos e o aumento nos preços de importação de fertilizantes, a rochagem foi regulamentada no Brasil na última década em etapas mostradas no fluxograma da Figura 1 a seguir.

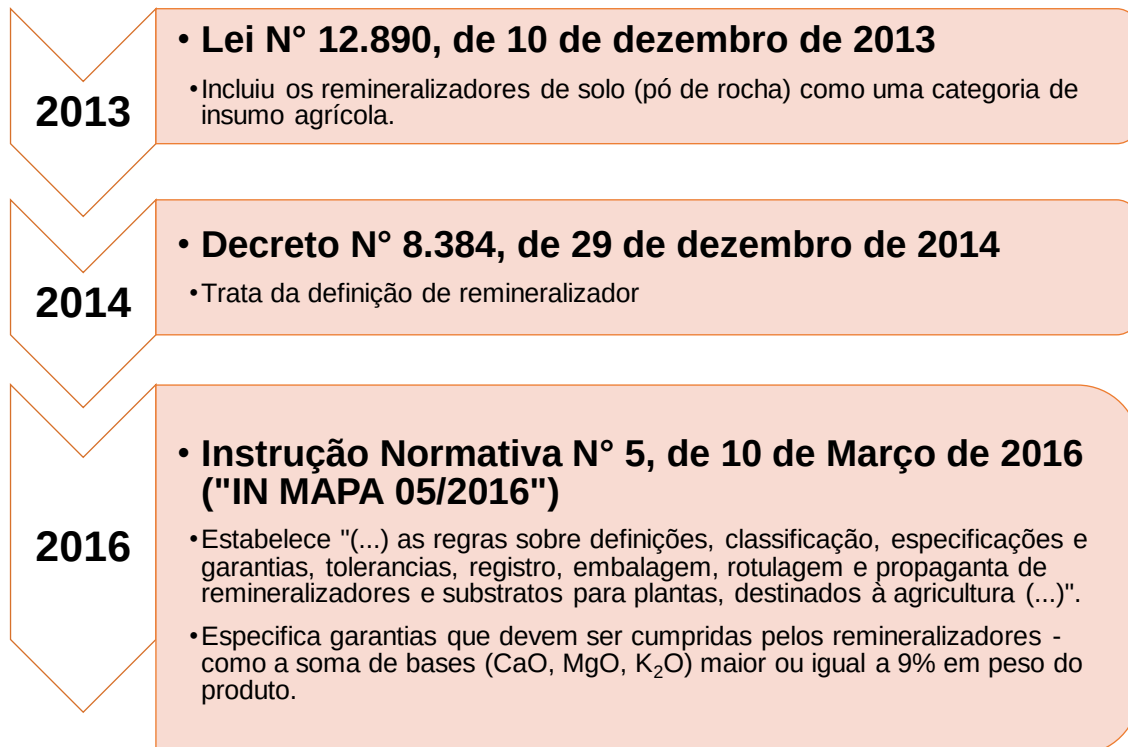


Figura 1. Fluxograma da evolução das legislações a respeito do uso de pó de rocha como remineralizador de solos (rochagem).

A “IN MAPA 05/2016” (IN 05) foi um importante marco na regulamentação da rochagem no Brasil, pois definiu as propriedades físico-químicas que um material precisa garantir para que seja comercializado e utilizado para remineralização de solos.

O artigo 4º da IN 05 aborda as especificações e garantias do produto e estabelece os níveis mínimos aceitáveis de nutrientes e níveis máximos de elementos que podem ser tóxicos para as plantas ou contribuir para a deterioração do solo. São exigidos teores mínimos de soma de bases (soma de teores de CaO, MgO, K₂O) e potássio (K₂O) e teores máximos de sílica livre (i.e., SiO₂ na forma de quartzo) e teores máximos de Arsênio, Cádmio, Mercúrio e Chumbo. Fósforo (P₂O₅) e micronutrientes (e.g. Cobalto, Zinco, Manganês) não são obrigatórios de declaração do remineralizador, apesar de ser um macronutriente comumente adicionado com a rochagem. Contudo, caso o produtor opte por declará-los (para fins comerciais por exemplo), seus teores devem obedecer o estabelecido no Anexo II da IN 05 (Brasil, 2016). A margem de tolerância aceitável para os parâmetros supracitados é definida no artigo 6º da IN MAPA 05/2016.

A **Tabela 1** a seguir sumariza os teores e limites de tolerância para os parâmetros exigidos pela IN 5 para classificação de remineralizadores de solo.

Tabela 1. limites de teores de macronutrientes, sílica livre e metais que um material precisa atender para ser comercializado como remineralizador de solos. Fonte: MAPA, 2016.

Parâmetro	Especificação	Tolerância
CaO + MgO + K₂O (soma de bases)	≥ 9% em peso/peso	10% para menos (sem ultrapassar 1,5 unidade)
K₂O	≥ 1% em peso/peso	-
SiO₂ livre	≤ 25%	20% para mais
Arsênio (As)	< 15 ppm	25% para mais
Cádmio (Cd)	< 10 ppm	
Mercúrio (Hg)	< 0,1 ppm	
Chumbo (Pb)	< 200 ppm	

Embora o objetivo deste trabalho não seja o de encontrar um pó de rocha que possa ser registrado e comercializado como remineralizador de solo, mas sim um que possa ser usado para sanar deficiências nutricionais mesmo que isoladas no Assentamento Ipanema, os limites estabelecidos na IN MAPA 05/2016 são relevantes por refletirem teores mínimos de nutrientes que precisam ser fornecidos pelo material e problemas que podem decorrer do uso de um material incorreto (e.g. excesso de sílica no solo ou toxicidade por metais pesados).

É de amplo estudo no campo da pedologia as propriedades dos argilominerais (filossilicatos) de adsorção de cátions na superfície dos cristais placoides e entre camadas de

tetraedros e octaedros de sílica e alumínio na forma hidratada (Azevedo et al., 2012). Tal propriedade é chamada de capacidade de troca de cátions (CTC) e é importante que se tenha um nível mínimo dela no solo para que haja um efeito tampão da acidez e das concentrações de cátions: as argilas adsorvem cátions em excesso no solo (em ordem de preferência que depende da composição, estrutura do mineral e pH no solo) e os liberam à medida que as plantas os consomem e diminuem as concentrações ao redor das raízes (Velde e Barré, 2010). Sem uma CTC adequada no solo, os cátions, em especial o potássio que é um importante macronutriente e muito solúvel, são facilmente lixiviados esgotando-se assim o reservatório desses nutrientes para as plantas. Além disso, a CTC tampona o pH do solo ao trocar os cátions adsorvidos por íons H^+ em solução, evitando a queda do pH que, a partir de valores em torno de 5, solubiliza o alumínio no solo, sendo este tóxico às plantas (Lepsch, 2016).

Nesse sentido, muito além do fornecimento de elementos (nutrientes) isolados ao solo submetido à rochagem, outro benefício importante que tem sido estudado é a formação de argilas decorrente do intemperismo acelerado do pó de rocha adicionado ao solo. Minerais como feldspatos e piroxênios, comuns nas rochas utilizadas para remineralização, geram argilominerais ao sofrerem ação de microorganismos, ácidos orgânicos e intemperismo físico, melhorando assim a CTC do solo e liberando cátions no processo. A tabela a seguir sintetiza os tipos de argilominerais que podem ser formados a partir do intemperismo de silicatos.

Mineral	2:1	1:1	Gibbsita
Feldspato potássico	X	X	X
Plagioclásio	X	X	X
Muscovita	X	X	
Biotita	X	X	
Clorita	X		
Clinopiroxênio	X		
Ortopiroxênio	X		
Olivina	X		
Anfibólio	X		

Tabela 2. Relação de argilominerais formados do intemperismo de silicatos. Exemplos de minerais 2:1 são vermiculita e o grupo das esmectitas; como mineral 1:1 a illita e a caulinita. Fonte: Velde e Barré (2010).

Outro fato importante é que as argilas 2:1 possuem geralmente CTC maior (Velde e Barré, 2010) e alguns casos são expansivas (i.e. grupo das esmectitas e vermiculita), o que melhora a disponibilidade de cátions no solo e retenção de água, porém são mais suscetíveis ao intemperismo e portanto menos comuns em regiões tropicais como o Brasil, onde há forte predominância da caulinita nos solos evoluídos (Azevedo et al., 2012). Diante disso, a rochagem pode ser utilizada ainda para aumentar o teor de argilas 2:1 em solos com baixa CTC e com pouca retenção de água.

4.2 Geologia Regional

A região dos municípios de Iperó e Sorocaba encontra-se na borda leste da Bacia do Paraná, na Depressão Periférica, onde afloram principalmente rochas do Grupo Itararé, da Formação Tatuí e granitoides do Maciço Sorocaba (CPRM, 2006). Nessa região, afloram associações de fácies do Grupo Itararé compostas por ritmitos e pelitos, geralmente repousando diretamente sobre o embasamento; arenitos de granulometria variada; conglomerados; e diamictitos avermelhados a cinza escuros com concreções intercalados com arenito grosso a conglomerático com estratificação cruzada . (Rosada Júnior, 2003)

O Domo de Araçoiaba aparece como uma feição geomorfológica de destaque em meio à Depressão Periférica. Foi originado por influência do Maciço Alcalino de Ipanema, uma intrusão magmática alcalina de aproximadamente 9km² localizada a sudeste de Iperó com rochas alcalinas datadas do cretáceo inferior (Davino, 1975) e que teve suas primeiras descrições feitas por Derby (Derby, 1891). A intrusão do maciço (datada do Cretáceo Inferior) causou o soerguimento do embasamento cristalino e dos sedimentos, o que resultou no relevo da Serra de Araçoiaba (CPRM, 2006). Segundo Davino (1975), ocorrem ali rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino (metassedimentos do Grupo São Roque, anfibolito e granito), rochas alcalinas e rochas do Grupo Itararé. As rochas alcalinas foram posteriormente identificadas por Leinz (1940) como ortoclásio-aegerinitos, ortoclásio-lusitanitos, umptekitos e nordmarkitos. Também ocorriam, segundo o autor, *sills* e diques de shonkinitos-pórfiros associados à intrusão alcalina.

A figura a seguir, retirada de Davino (1975) mostra um bloco diagrama do que seria a estrutura da intrusão alcalina cortando as rochas do Grupo Itararé e arqueando as rochas do embasamento cristalino.

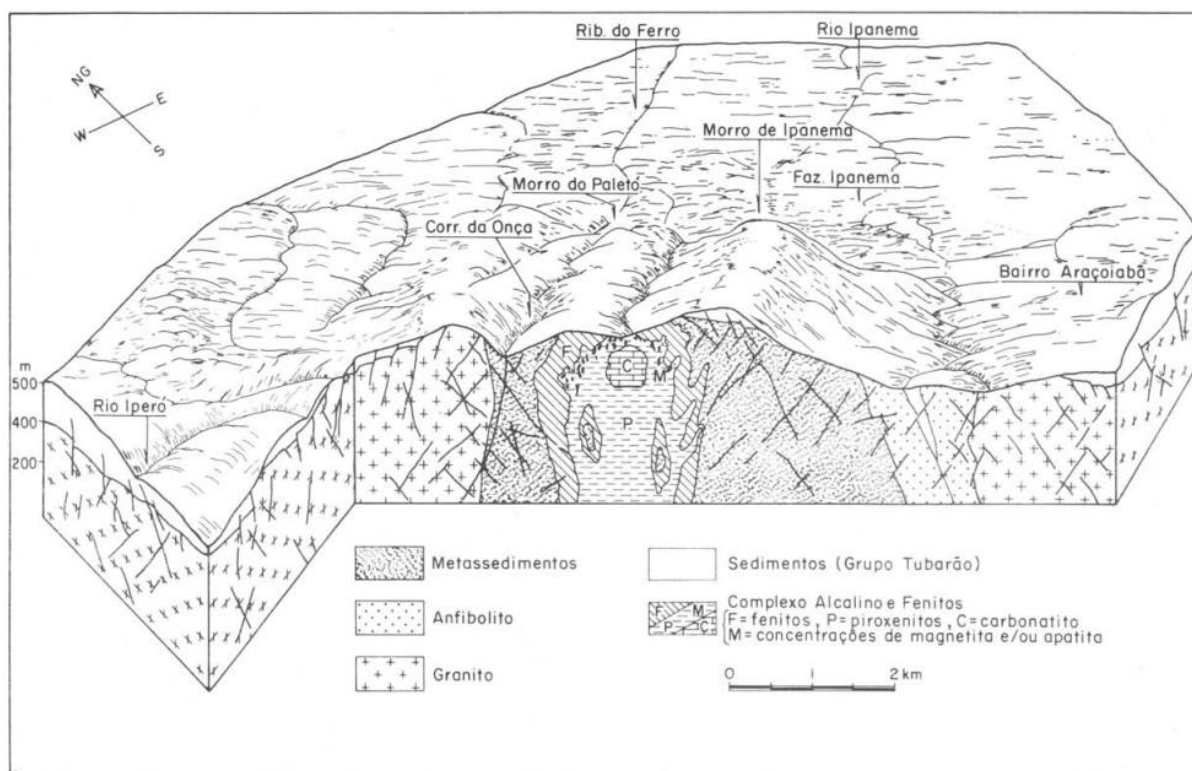


Figura 2. Bloco-diagrama mostrando a relação da intrusão alcalina do Complexo Ipanema com as rochas encaixantes e a composição das rochas formadas. Retirado de Davino (1975).

O estudo mais completo desse magmatismo alcalino disponível atualmente foi realizado por Guarino et al. (2012). Segundo os autores, o chamado complexo carbonatítico-alcalino-potássico de Ipanema faz parte do magmatismo alcalino Meso-Cenozoico ocorrido a sudeste da Plataforma Brasileira. Devido ao intemperismo acelerado nessas rochas, as amostras de rocha fresca utilizadas no trabalho se restringiram àquelas coletadas em furos de sondagem.

As rochas do Complexo apresentam distinta afinidade potássica e podem ser divididas em rochas cristalizadas do próprio magmatismo carbonatítico (e.g. glimmeritos², magnetitos e calciocarbonatitos) e rochas encaixantes que sofreram forte fenitização³ por fluidos ricos em sódio e potássio. Essas últimas são representadas por rochas ricas em feldspatos como dioritos e álcali sienitos com presença de aegirina-augita e hastingsita⁴ (Azzone et al., 2012). Além disso, também ocorrem diques de lamprófiros e calciocarbonatitos.

A leste do município de Sorocaba, destacam-se rochas de idade Proterozoica Superior do Maciço Sorocaba e do Maciço São Francisco. O primeiro constitui-se de biotita granitos porfíricos com matriz de granulação fina a média constituída de quartzo, feldspato e biotita

² Sinônimo de biotitito. "Rocha negra composta essencialmente por biotita flogopítica originada, principalmente, por metassomatismo de fluidos granitófilos sobre rochas ultramáficas" (Winge, M., 2021).

³ Metassomatismo alcalino em rochas encaixantes félsicas que ocorre com intrusões de carbonatitos e magmas altamente alcalinos. Os fluidos ricos em Na e K alteram a composição da rocha substituindo sílica por anfibólios e piroxênios (Best, 2003).

⁴ Clinoanfibólio de fórmula $\text{NaCa}_2(\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+})(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}\text{OH}_2$. Ocorre em nefelina sienitos, granitos e anfibolitos (Mindat, 2021).

com megacristais de feldspatos rosados; correm regionalmente turmalina e granada. Os granitos do Sorocaba estão associados a *hornfels* de composição variada resultados do metamorfismo termal de pelitos, arenitos conglomerados e arcósias. Já o Maciço São Francisco é descrito como um biotita granito grosso inequigranular com biotitas de tamanho e cristais de feldspato subcentimétricos numa matriz fina a grossa de quartzo (Teixeira, A. L., 2009). Têm-se ainda a leste os metassedimentos do Grupo São Roque, que forma uma faixa alongada de orientação NE-SW e é composto por quartzitos, metarritmitos, metarcósios e metaconglomerados.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Caracterização da Área de Estudo

A região estudada compreende um raio de 25 km centrado no Assentamento Ipanema, o qual está dentro do território do município de Iperó. Ocorrem neste espaço locais de interesse para este trabalho como os municípios de Iperó e Sorocaba, a Floresta Nacional de Ipanema (Flona de Ipanema), o Morro de Ipanema e o Assentamento Ipanema.

A cidade de Iperó está localizada a 116km de São Paulo e a cerca de 25km de Sorocaba; sua população estimada pelo censo do IBGE de 2016 é de 34.149 habitantes.

A cerca de 12 km a sudeste da cidade de Iperó, oficialmente na Rodovia Municipal Prefeito Benedito de Paula Leite Junior, km 19,5, situa-se a Floresta Nacional de Ipanema (Flona de Ipanema), uma unidade de conservação (UC) de aproximadamente 5.384 ha de área que inclui a “Serra de Araçoiaba”, feição geomorfológica que atinge cerca de 980m acima do nível do mar e que possui importância principalmente turística e de preservação da fauna e flora da UC. A unidade conserva uma área pouco alterada de vegetação remanescente da mata atlântica, vegetação de transição mata atlântica-cerrado e cerrado (ICMBIO, 2017).

A nordeste da Flona, numa área parcialmente demarcada de 1.712 ha, está localizado o Assentamento Ipanema, um assentamento de reforma agrária Federal que foi oficializado no ano de 1995 pelo INCRA. Ali habitavam em 2017 cerca de 240 famílias (ICMBIO, 2017). Segundo informações fornecidas por agricultores ao autor, a produção agrícola no assentamento é principalmente familiar com foco em hortaliças e árvores frutíferas, mas há pequenas plantações de culturas anuais como milho. Também são criados animais para produção de derivados como ovos de galinha caipira. A produção é escoada para cidades próximas sendo que Sorocaba e São Paulo são locais importantes de comércio dos produtos do assentamento (Castro, 2005).

A **Figura 3** a seguir apresenta o mapa de localização de municípios, assentamentos e da Flona de Ipanema; vale ressaltar que, apesar da sobreposição entre os limites da Flona e o Assentamento Ipanema, este encontra-se na zona de amortecimento da Flona segundo informações fornecidas por representantes do assentamento.

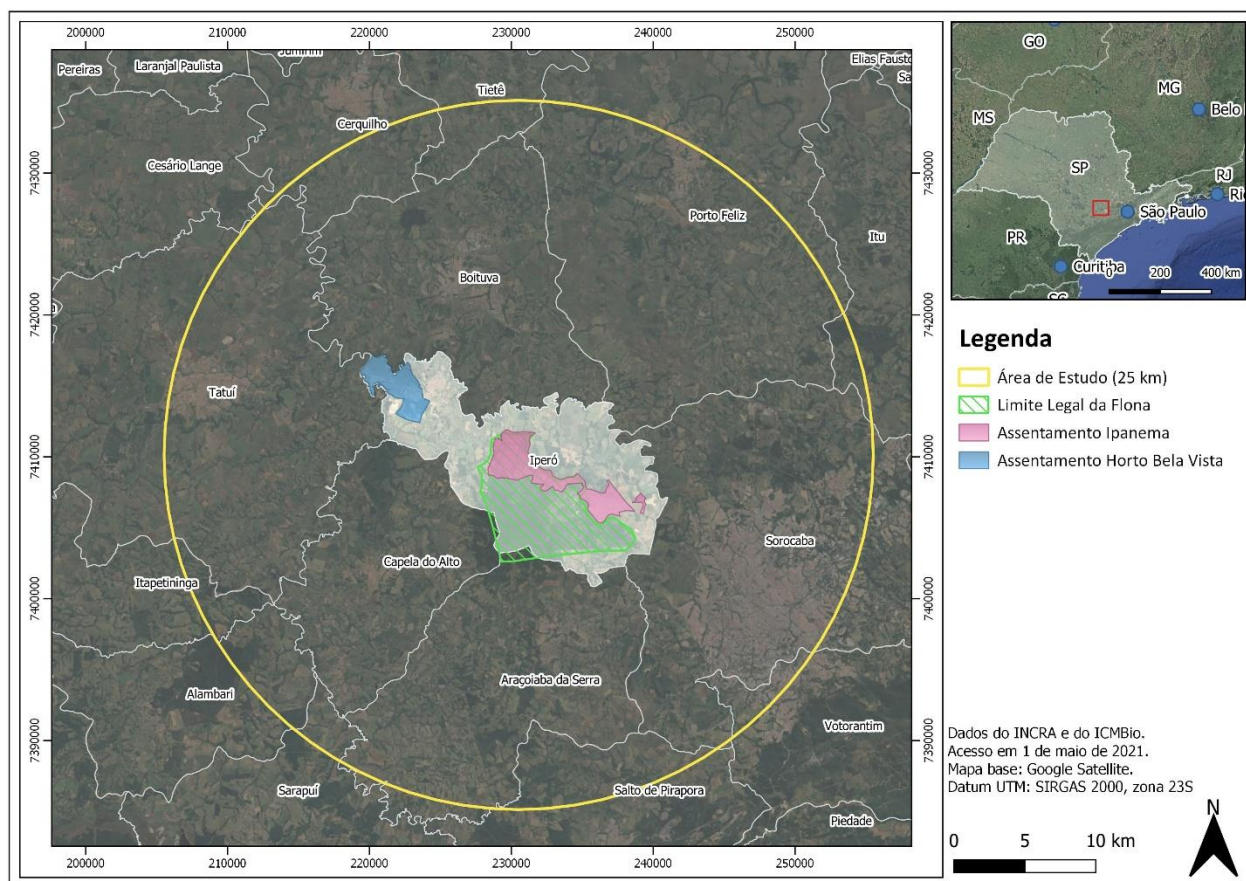


Figura 3. mapa de localização da Flona de Ipanema e dos assentamentos rurais no município de Iperó, SP.

5.2 Revisão dos Estudos de Rochagem

Foram coletados artigos através da busca em repositórios como *Google Scholar* e *Research Gate* que estudavam diferentes frentes de pesquisa sobre rochagem como:

- Taxa de dissolução de minerais e liberação de cátions no solo;
- Intemperismo de minerais e formação de argilas;
- Efeitos da microbiologia do solo no intemperismo de pós de rocha aplicados no solo;
- Efeitos da composição química e mineralógica do pó de rocha na assembleia de microrganismos presentes no solo;
- Efeitos da granulometria do pó de rocha na disponibilidade de nutrientes às plantas; e
- Testes de campo com pós de rocha de diferentes fontes (e.g. basaltos, rochas alcalinas, rochas ultramáficas etc.).

Os artigos foram revisados de modo a se levantar um conjunto de rochas que têm se mostrado mais promissoras em fornecer nutrientes ou melhorar as características do solo em que foram aplicadas tendo em vista aos limites de teores expostos na IN MAPA 05/2016.

5.3 Avaliação da Geologia Regional

O levantamento da geologia regional foi feito a partir de mapas geológicos da borda leste da Bacia do Paraná e estudos a respeito da origem e evolução do Domo de Araçoiaba, onde instalou-se o Complexo Alcalino Ipanema. As principais referências utilizadas foram:

- Relatório “Geologia e recursos minerais do estado de São Paulo” e Mapa Geológico do Estado de São Paulo (Perrotta et al., 2006);
- O relatório “Subsídios do Meio Físico ao Planejamento do Município de Sorocaba (SP)” e o mapa geológico do município de Sorocaba anexo (Santoro et al., 1990);
- Trabalho de Davino (1975), referência clássica no estudo do magmatismo alcalino responsável pela formação do Domo de Araçoiaba.
- Trabalho recente de Guarino et al. (2012) sobre o magmatismo alcalino no Complexo Alcalino Ipanema; e
- Volume 1 do Plano de Manejo da FLONA de Ipanema (Willmersdorf et al., 2017).

A avaliação da geologia regional foi utilizada para levantar possíveis fontes de rochas para remineralização do solo do Assentamento Ipanema. Buscou-se dentro de um raio de 25 km unidades geológicas cujas rochas fossem compatíveis com as que vêm sendo estudadas e reportadas na literatura com bons resultados para rochagem. O critério para a definição do raio foi o custo do transporte de pó de rocha (as quantidades são necessariamente maiores que fertilizantes químicos comuns isolados já que o teor dos elementos de interesse é muito menor no pó de rocha devido, principalmente, à sílica presente) e o CO₂ emitido no transporte do material, que aumenta com a distância da fonte até o local de aplicação (Lefebvre et al., 2019).

5.4 Laudos de Fertilidade do Solo do Assentamento Ipanema

Foram fornecidos por representantes do Assentamento Ipanema 6 laudos de análise de fertilidade do solo compreendendo 9 amostras coletadas em pontos distintos do Assentamento entre 2019 e 2020. Laudos de fertilidade do solo constituem-se de análises em laboratório das concentrações de macronutrientes e micronutrientes na forma trocável presentes no solo e de parâmetros importantes para a estabilidade do solo e fornecimento de nutrientes às plantas como acidez, saturação por bases e capacidade de troca de cátions (CTC).

Os laudos de fertilidade do solo foram interpretados com base no manual “Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo” (Boletim Técnico 100) publicado pelo Instituto Agrônomo de São Paulo e que apresenta instruções sobre fertilização e correção de solos direcionados ao contexto pedológico do estado de São Paulo. Foram comparados com os valores de referência do manual os teores de fósforo, potássio trocável, cálcio, magnésio, acidez, saturação por bases, boro, cobre, ferro, manganês e zinco.

A interpretação dos laudos de fertilidade foi adotada como uma ferramenta para observar se há deficiências nutricionais importantes no solo do Assentamento Ipanema que poderiam ser corrigidas com alguma técnica de rochagem que foi levantada na revisão bibliográfica deste trabalho. Ressalta-se que a interpretação dos laudos tem apenas caráter exploratório devido à quantidade diminuta de análises e pela falta de informações dos pontos de coletas das amostras.

5.5 Visita ao Assentamento Ipanema e Coleta de Amostra de Solo de - Alteração de Rocha

Uma viagem de campo foi realizada no dia 17 de outubro de 2021 saindo de São Paulo em direção ao Assentamento Ipanema passando por Iperó e Sorocaba participando o orientador e o autor do trabalho. Ambos testaram negativo para teste de Covid-19 duas semanas antes da atividade e seguiram as recomendações de saúde contra o vírus da Covid-19 em vigor na época como duas doses recebidas da vacina para o vírus, uso de máscaras de proteção durante toda a viagem, distanciamento de 1,5 m das pessoas encontradas na viagem etc.

O objetivo da viagem foi visitar o Assentamento Ipanema para apresentar o projeto a alguns agricultores, conhecer a produção agrícola e quais produtos são cultivados, o contexto social dos assentados e discutir sobre as iniciativas de uso de rochagem que já foram tomadas no assentamento. Também foram coletadas informações sobre os planos dos agricultores de mudar o tipo de cultura no futuro e quais seriam os entraves previstos relacionados à fertilização e características físicas do solo de suas propriedades.

Durante a viagem, também foram observados afloramentos de beira de estrada que se destacassem da litologia esperada com base nos mapas geológicos da região. Com isso buscava-se algum afloramento que pudesse estar relacionado ao magmatismo alcalino do Complexo Alcalina Ipanema. Segundo relatos obtidos pelo orientador do projeto, ocorrem na região apófises alcalinas que cortam os arenitos do Grupo Itararé; essas apófises, se confirmadas como alcalinas relacionadas ao magmatismo Ipanema, poderiam ter seu material utilizado para remineralização de solos uma vez que rochas alcalinas têm alto potencial para rochagem como será relatado adiante.

Foi encontrado um afloramento de interesse no quilômetro 7 da rodovia Santos Dummont, na saída para o bairro “Aparecida” do município de Sorocaba. O afloramento foi fotografado e uma amostra do material (alterito) foi coletada e posteriormente enviada para análise em laboratório.

5.6 Análise Química da Amostra de Rocha por Espectrometria de Fluorescência de Raios X

A amostra de solo coletada no dia 17 de outubro de 2021 foi enviada no dia seguinte (18) ao Laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT) da Escola Politécnica da USP para análise da composição química e mineralógica. Foram solicitadas as análises por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) e por difratometria de raios X (DRX), cujos laudos foram publicados em 11 e 19 de novembro respectivamente. Os laudos das análises químicas são apresentados no **anexo B**.

Os resultados obtidos das análises foram utilizados para investigar a relação do afloramento encontrado com o magmatismo alcalino do Complexo Ipanema e se a composição química e mineralógica seria interessante⁵ para uso do material como remineralizador de solo.

⁵ Entenda-se teores apreciáveis de cátions como K, Ca e Mg, composição predominantemente de minerais que possam disponibilizar tais cátions ou outros nutrientes como fósforo ou ainda predominância de minerais que melhorem as condições de um solo como filossilicatos 2:1 (e.g. vermiculita, esmectita).

6. RESULTADOS

6.1 Estudos Recentes com Rochagem

A **Tabela 2** a seguir apresenta uma síntese das publicações consultadas até o momento em que foram testados diferentes materiais como remineralizadores de solo. São apresentadas as rochas que foram alvo de experimentos, os principais resultados obtidos e outras informações a respeito da pesquisa.

Tabela 3. resumo dos principais trabalhos consultados com experimentos de rochagem com diferentes tipos de rochas nos últimos anos.

Material	Autores	Resultados
Basalto	(Augusto et al., 2021)	Aumento significativo no pH do solo e concentrações de Ca e P. Maior absorção de Mg pelas plantas, porém sem aumento da concentração deste elemento no solo.
	(Silva et al., 2008)	Pouca contribuição no fornecimento de macronutrientes no período estudado (165 dias).
Andesitos e dacitos	(Plata et al., 2021)	Estimativa da disponibilidade de Ca, K, Mg e P dos pós de rocha em soluções ácidas. Maior disponibilidade de cátions trocáveis em ácido acético.
Apatita (Irecê, BA) e biotita xisto	(Lima et al., 2007)	Desempenho do pó de rocha (mistura de apatita e biotita xisto) equivalente ao dos fertilizantes minerais comparados no estudo.
Serpentinó e fonolito	(Viana et al., 2021)	Fornecimento satisfatório de magnésio para o desenvolvimento de milho e feijão. Não houve diferença significativa no desenvolvimento das plantas entre substrato com serpentinito, mistura deste com fonolito e entre o controle corrigido apenas com dolomito.
Biotita xisto (Grupo Araxá, GO)	(Pereira et al., 2021)	Pó de rocha com desempenho similar à fertilização convencional no fornecimento de potássio.
Kamafugito	(Theodoro et al., 2021)	Aumento do pH do solo. Concentrações de P, K, Ca e Mg aumentaram em até 5 vezes em relação ao solo original após 2 anos.
Granito (Cachoeiro de Itapemirim, ES)	(Machado et al., 2016)	Bom fornecimento de K de feldspatos e biotita a partir da mistura com ácido cítrico (e em menor quantidade com ácido málico)

Fonolito e brecha vulcanoclástica (Província Alcalina de Fortaleza)	(Aquino, 2019)	Bom desempenho da brecha vulcanoclástica em especial no fornecimento de Mn. Fonolito descartado devido ao alto teor de Na ⁺ .
--	----------------	--

6.2 Unidades Geológicas Regionais com Potencial para Rochagem

Com a interseção das unidades geológicas mapeadas no raio de 25km a partir do Assentamento Ipanema, mostrada na **Figura 4** a seguir, encontram-se rochas do Grupo Itararé, da Formação Tatuí, da Formação Teresina e do Granito Sorocaba.

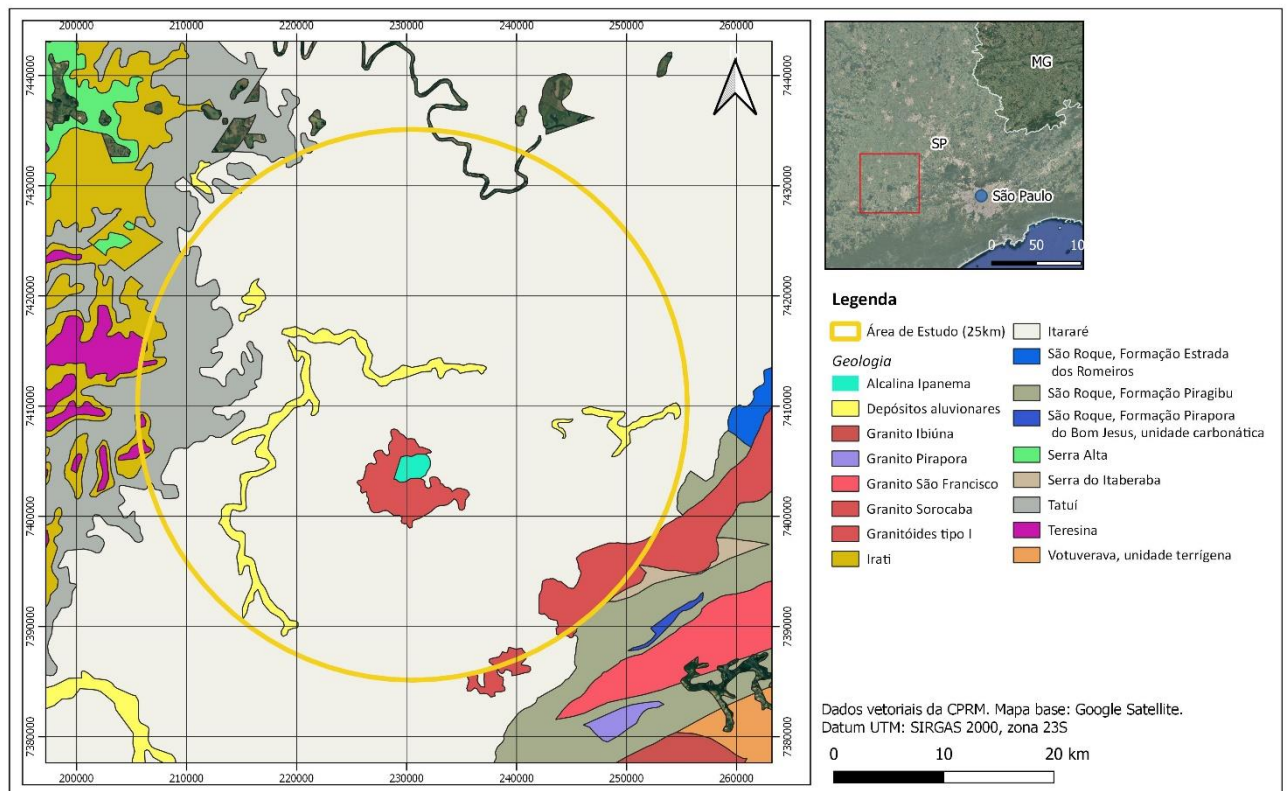


Figura 4. Mapa geológico regional com as unidades que se encontram dentro da área de estudo.

Diante da geologia regional levantada e dos estudos publicados recentemente sobre rochagem, pode-se dizer preliminarmente que as principais litologias de interesse seriam rochas e subprodutos de mineração do Maciço Sorocaba e as rochas alcalinas do Complexo Ipanema.

No primeiro caso, a viabilidade dependeria principalmente do teor de quartzo nessas rochas que precisa ser avaliado para não superar o limite estabelecido pela IN MAPA 05/2016. Apesar da IN 05 estabelecer apenas os limites necessários para o registro de um produto como “remineralizador de solos” (o que significa que um pó de rocha ainda pode ser usado,

mas não comercializado como tal), os valores apresentados na instrução normativa refletem fatores que são importantes para a qualidade do solo;

A presença de biotita e feldspato potássico nas rochas do Maciço Sorocaba é interessante pelo bom fornecimento de potássio após o intemperismo, algo já testado por outros pesquisadores (Theodoro et al., 2006; Lima et al., 2007; Pereira et al., 2021). Apesar disso, faz-se necessária a caracterização detalhada da mineralogia das rochas alvo para rochagem.

Com relação às rochas do Complexo Ipanema, vários fatores apontam como excelente fonte de material para remineralização: intemperismo acelerado das rochas, corroborado pela ausência de afloramentos frescos relatada no trabalho de Guarino et al. (2012); ausência de sílica livre característico das rochas alcalinas; e a presença de minerais complexos e portadores de elementos importantes como Ca, K, Na, Mg e Fe. Como o Pano de Manejo não prevê mineração na Flona de Ipanema (Willmersdorf et al., 2017), o que poderia fornecer pó de rocha para aplicação no Assentamento Ipanema, uma alternativa é investigar ocorrências de corpos menores intrusivos dentro do próprio Assentamento, que divide parte do espaço reservado à Flona a nordeste do Domo de Araçoiaba como mostrado na **Figura 3**.

As demais unidades (e.g. Grupo Itararé, Grupo São Roque, Formação Teresina e Formação Tatuí) não apresentaram potencial para uso em rochagem com base nos dados disponíveis até o momento. Mapeamentos mais detalhados no futuro podem mudar esse cenário.

Em paralelo à avaliação da geologia regional, foram buscadas minas em atividade dentro da área de estudo numa tentativa de encontrar uma fonte de rocha cominuída ou rejeitos que poderiam ser fornecidos para rochagem no Assentamento Ipanema. Contudo foram localizadas apenas mineradoras de areia na região, que extraem material principalmente de depósitos aluvionares e do Grupo Itararé, descartando-se assim essa alternativa.

6.3 Interpretação dos Laudos de Fertilidade do Solo do Assentamento Ipanema

Os resultados dos laudos de fertilidade do solo analisados foram comparados com os valores recomendados pelo Boletim 100 do Instituto Agrônômico para os parâmetros: acidez; fósforo; potássio, magnésio cálcio e CTC trocáveis⁶. Para fósforo, o Boletim 100 apresenta

⁶Concentração de cátions na amostra de solo que estão adsorvidos na superfície de argilas ou entre camadas hidratadas de argilas 2:1. É importante a distinção feita nas análises de fertilidade do solo uma vez que apenas os cátions trocáveis (em oposição àqueles na estrutura dos minerais) estão prontamente acessíveis às raízes das plantas.

diferentes valores dependendo do tipo de cultura; foram adotados os valores para hortaliças dado a predominância no Assentamento Ipanema.

Para os cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} o Boletim 100 estabelece que os valores definidos como “baixo” representam os teores mínimos desses elementos para a boa condição do solo, de modo que quaisquer valores acima disso são satisfatórios. O mesmo não ocorre com K^+ , cuja maior concentração no solo tende, até certo ponto, a aumentar a produtividade das culturas.

Os resultados com os classificadores obtidos a partir da comparação com os valores do Boletim 100 são apresentados na **Tabela 4** a seguir. Os laudos laboratoriais das análises de fertilidade do solo estão reunidos no **Anexo A**.

Observa-se a partir da comparação dos resultados que os parâmetros críticos nas amostras analisadas foram potássio, fósforo, magnésio, boro e acidez. Esses parâmetros podem ser utilizados para priorizar pós de rocha com maior potencial para melhorá-los.

Número da Amostra (laboratório)		0003		0004		005		006		1933		1934		2305		2306	
Parâmetro	Unidade																
Acidez	Unidades de pH	5,2	Média	4,9	Muito alta	4,9	Alta	5,2	Alta	5,6	Baixa	5,2	Média	5,5	Média	5,5	Média
Fósforo	mg/dm³	4	Muito baixo	7	Muito baixo	3	Muito baixo	67	Alto	12	Baixo	5	Muito baixo	22	Baixo	17	Baixo
Potássio	mmolc/dm³	0,8	Baixo	1,8	Médio	1,5	Baixo	3,7	Alto	3,4	Alto	2,6	Médio	1	Baixo	1,8	Médio
Cálcio	mmolc/dm³	22	Alto	12	Alto	10	Alto	23	Alto	18	Alto	16	Alto	32	Alto	29	Alto
Magnésio	mmolc/dm³	6	Médio	6	Médio	4	Baixo	8	Médio	6	Médio	4	Baixo	9	Alto	10	Alto
CTC	mmolc/dm³	67	-	66	-	63	-	82	-	52	-	61	-	80	-	75	-
Sat. Por Bases (V)	%	43	Baixa	29	Baixa	25	Muito baixa	42	Baixa	52	Média	37	Baixa	53	Média	55	Média
Enxofre	mg/dm³	9	Médio	8	Médio	8	Médio	9	Médio	7	Médio	7	Médio	7	Médio	7	Médio
Boro	mg/dm³	0,11	Baixo	0,08	Baixo	0,12	Baixo	0,15	Baixo	0,13	Baixo	0,13	Baixo	0,16	Baixo	0,15	Baixo
Cobre	mg/dm³	0,4	Médio	0,4	Médio	0,4	Médio	0,4	Medio	0,6	Médio	0,4	Médio	0,4	Médio	0,6	Médio
Ferro	mg/dm³	16	Alto	20	Alto	14	Alto	22	Alto	10	Médio	22	Alto	16	Alto	34	Alto
Manganês	mg/dm³	1,8	Médio	2,6	Médio	2	Médio	2	Médio	11,8	Alto	1	Baixo	2,2	Médio	2,2	Médio
Zinco	mg/dm³	0,4	Baixo	0,8	Médio	2,2	Alto	1,6	Alto	1	Médio	0,6	Médio	1,2	Médio	1,8	Alto

Tabela 4. Resultados analíticos de fertilidade do solo para amostras coletadas no Assentamento Ipanema com os classificadores recebidos a partir do Boletim 100 do Instituto Agrônomo de São Paulo. Os parâmetros que interferem negativamente na fertilidade do solo estão com o classificador em vermelho.

6.4 Afloramento na Rodovia Santos Dummont – novo litotipo alvo para ser empregado como remineralizador na região

O afloramento localizado no quilômetro 7 da Rodovia Santos Dummont, nas coordenadas UTM 255.858 / 7.404.981, encontra-se no limite da área de estudo delimitada. Apresenta-se como um barranco à beira da rodovia, com dimensões em torno de 8 metros de altura e 20 metros de comprimento, onde se observa uma porção de solo alaranjado e de forma mais erodida do que o solo no entorno, que é arenoso e de cor cinza a marrom escuro (Imagem 1). É possível reconhecer que o solo arenoso é produto de arenitos do Grupo Itararé que ocorre em afloramentos bem preservados no outro lado da rodovia (Imagem 2).



Imagem 1. Barranco como solo avermelhado na Rodovia Santos Dummont. À direita, porção avermelhada de solo argiloso e com erosão mais acentuada. À esquerda, solo arenoso, cinza a marrom escuro com porções de arenito aflorando.



Imagem 2. Afloramento de arenitos do grupo Itararé com cerca de 8 metros de altura no lado oposto da Rodovia Santos Dummont, km 7.

Sob inspeção, o solo alaranjado do afloramento na **Imagem 1** constituía-se de argila com pouca areia fina, de cor cinza claro esverdeada e pouco plástica. O material é altamente friável e tingido superficialmente por uma camada amarelada a alaranjada, provavelmente de óxidos e hidróxidos de ferro. Conforme se extraía, o solo se tornava mais verde acinzentado.



Imagem 3. Detalhe do solo argiloso no afloramento da Rodovia Santos Dummont. Notar a coloração avermelhada do material que cobre a ponta do martelo, resultado da escavação da camada superior, mais tingida do afloramento.

6.5 Resultados das Análises Químicas por Espectrometria de Fluorescência e Difratometria de Raios X

Os resultados da análise de química total por fluorescência de raios X (FRX) apresentados na **Tabela 5** mostram que há um elevado teor de potássio e magnésio no material coletado e uma soma de bases (CaO, K₂O e MgO) de 7,7 %, próximo do mínimo de 9% exigido pela IN MAPA 05/2016. Destacou-se ainda o teor relativamente alto de K₂O na amostra (4,43 %) se comparado aos teores de potássio tipicamente encontrados em rochas utilizadas para remineralização de solos como basaltos (Augusto et al., 2021). Esses teores, porém, não revelam necessariamente o que estaria disponível para as plantas, já que os elementos quantificados podem estar bloqueados na estrutura de minerais e pouco acessível às plantas. Foi observado um teor elevado de SiO₂ que parece incompatível com a amostra coletada que é rica em argila. Esse teor, porém, pode ser resultado da contaminação do material por areia da rocha encaixante do Grupo Itararé no momento da coleta. Sem a quantificação exata das fases minerais também não é possível quantificar quando da sílica identificada está na forma livre ou na estrutura de outros silicatos. Deste modo, a análise foi inconclusiva em revelar se os elementos de interesse para nutrição de plantas apresentam teores apreciáveis.

Nº LCT	7238
Amostra	Castelinho
SiO ₂ (%)	59,7
Al ₂ O ₃ (%)	14,6
Fe ₂ O ₃ (%)	9,20
MnO (%)	<0,10
MgO (%)	2,90
CaO (%)	0,37
Na ₂ O (%)	0,60
K ₂ O (%)	4,43
TiO ₂ (%)	1,14
P ₂ O ₅ (%)	0,19
PF (%)	7,19

Tabela 5. Resultados da análise de química total por FRX para a amostra "Castelinho" coletada na Rodovia Santos Dummont.

A análise mineralógica por difratometria de raios X (DRX) apresentada na **Tabela 6** foi feita de forma qualitativa apenas. Como já era esperado pela caracterização do material em campo, a predominância de argila dificultou a quantificação das fases identificadas na difratometria.

ICDD	Mineral	Fórmula Química
01-086-1560	Quartzo	SiO_2
01-075-1190	Ortoclásio	$\text{K(AlSi}_3\text{O}_8)$
00-003-0015	Esmectita	$(\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

Tabela 6. Resultado da identificação de fases minerais presentes na amostra "Castelinho" por DRX.

Destaca-se na análise a presença de ortoclásio como mineral potássico, o que poderia justificar o alto teor medido na análise por FRX, porém o potássio pode estar presente ainda adsorvido em argila na forma trocável, o que só poderia ser avaliado através de uma análise de fertilidade do solo. Outro ponto importante identificado na difratometria é a presença de esmectita, filossilicato do tipo 2:1 que possui alta CTC e capacidade expansiva.

Por fim, os resultados apenas servem ao caráter exploratório de identificar se o material coletado poderia ter algum benefício ao ser usado para rochagem, porém é necessária a quantificação das fases minerais identificadas e uma análise da fertilidade do solo para que seja avaliada a eficácia desse material como remineralizador (por exemplo, se de fato a sílica livre for baixa e predominar esmectita).

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

7.1 Fertilidade do solo do Assentamento Ipanema

Segundo Lepsch (2016), usa-se o termo “fertilidade do solo” como indicativo da habilidade do solo em fornecer nutrientes em quantidades adequadas para um determinado cultivo. Fica implícito, portanto, que um solo será mais fértil quanto mais próximo estiver de oferecer macronutrientes e micronutrientes em quantidade e proporções adequadas ⁷ para um grupo de culturas específico, o que está intimamente relacionado com parâmetros do solo além das concentrações específicas de nutrientes como acidez, salinidade, capacidade de troca catiônica (CTC), teor de matéria orgânica, porosidade, capacidade de retenção de água etc. Um outro termo importante é a “produtividade do solo” que é geralmente definido como a capacidade do solo de produzir certos cultivos de forma contínua e num determinado patamar. Sendo assim, um solo produtivo não deve apresentar fatores externos ou internos que sejam limitantes ao cultivo.

A relação entre produtividade e fertilidade do solo tem destaque na agronomia uma vez que se pode manejar o solo ou o cultivo que se pretende desenvolver de modo a contornar ou sanar os fatores limitantes à fertilidade ou à produtividade do solo. Um exemplo disso é o uso da calagem (aplicação de calcário moído) para aumentar o pH de solos muito ácidos que poderiam ser inviáveis para o cultivo devido à liberação de alumínio, tóxico às plantas.

Os resultados da interpretação dos laudos de fertilidade das amostras de solo coletadas no Assentamento Ipanema forneceram uma primeira percepção dos nutrientes que podem estar limitando a fertilidade do solo no local. Observou-se que na maioria das amostras ocorrem teores insuficientes de potássio, fósforo e boro e acidez de nível médio a muito alto. É importante ressaltar que potássio e fósforo são dois macronutrientes de comportamento químico distinto no solo: enquanto o potássio é requerido em maiores quantidades e apresenta alta solubilidade, de modo que a concentração tende a ser mais homogênea no solo, o fósforo é muito pouco móvel por precipitar com hidróxidos de ferro e alumínio no solo e quase sempre é o nutriente limitante (i.e. em falta) ao desenvolvimento das plantas (Taiz et al., 2006). Sendo assim, as poucas amostras analisadas podem mostrar um resultado enviesado para fósforo, já que a adubação fosfatada é feita próxima às plantas devido à baixa mobilidade do elemento, mas é mais esclarecedora quanto à escassez do potássio.

⁷ A proporção entre nutrientes deve ser tal que não haja deficiência induzida pelo excesso de um elemento como acontece numa alta razão Mg:K, onde a alta concentração relativa de magnésio no solo pode causar a deficiência induzida de potássio nas plantas mesmo que este ocorra em teores absolutos satisfatórios (Hoskins, 1997).

7.2 Rochas com potencial para rochagem na área de estudo

Comparando-se as unidades geológicas que ocorrem dentro da área de estudo com as rochas que foram testadas em estudos de remineralização do solo por rochagem, pode-se dizer que apenas as rochas do Complexo Alcalino Ipanema têm potencial para uso em rochagem. Isso já era esperado uma vez que rochas alcalinas tem características que favorecem seu uso na rochagem como alta solubilidade, baixo teor de sílica e ausência de quartzo livre, presença de mineralogia diversificada capaz de fornecer micronutrientes ao solo e abundância de potássio, magnésio e cálcio que são nutrientes importantes para as plantas. Apesar disso, o uso das rochas encontradas no Complexo Alcalino Ipanema é inviável no momento já que não está previsto no plano de manejo da Floresta Nacional de Ipanema a mineração dentro da área e não se justificam esforços para mudar esse cenário visando apenas o uso local para rochagem.

As rochas do Granito Sorocaba, apesar de serem compatíveis com alguns estudos que mostraram a eficácia de granitos na rochagem (ver Machado et al., 2016) no fornecimento de potássio, encontram-se quase que totalmente fora da área de estudo, ou seja, a mais de 25km do Assentamento Ipanema. Desse modo, o custo de transporte da rocha moída de alguma mineradora lavrando esses granitos até o Assentamento seria certamente muito maior que o uso de fertilizantes potássicos tradicionais como cloreto de potássio.

As demais unidades que ocorrem na área de estudo, Grupo Itararé, Formação Tatuí e Formação Teresina, compreendem apenas rochas sedimentares com predominância de areia ou argilas que não foram estudadas até o momento como material para rochagem.

7.3 Composição química e mineralógica do material coletado na Rodovia Santos Dummont (novo litotipo)

Os resultados das análises por RFX e DRX indicam que o material encontrado pode ter bons resultados se usado como remineralizador de solo apesar de não se tratar de rocha fresca. A análise por RFX indica teores altos de K_2O que são especialmente relevantes para correção do solo do Assentamento Ipanema que, como mostrado pelas análises de fertilidade, parece ter recorrentes níveis baixos de potássio. Além disso o teor de sódio é baixo, algo que favorece a fertilidade do solo.

A análise por DRX identificou ainda a presença de ortoclásio, o que justifica o relativamente alto teor de potássio quantificado na química total, e de esmectita, filossilicato 2:1 que possui tipicamente boa CTC e capacidade de melhorar a retenção de água no solo.

A combinação desses dois fatores parece sugerir ainda que a ocorrência desse afloramento de argila com presença de ortoclásio e baixo teor de sódio, cortando o arenito do Grupo Itararé, pode estar relacionado ao magmatismo alcalino do Complexo Ipanema como

uma apófise. Isso merece destaque, pois, se confirmado, é provável que ocorram afloramentos semelhantes ainda mais próximos ao Complexo e, conseqüentemente, no entorno do Assentamento Ipanema. Dadas as características mencionadas acima, esses afloramentos poderiam ser mapeados e o encontrado material poderia ser explorado e remanejado dentro do Assentamento para corrigir solos arenosos com baixa CTC e/ou deficientes em potássio.

Todos esses pontos, apesar de promissores, necessitam de melhor aprofundamento. É necessária uma caracterização mineralógica em maior detalhe para se quantificar a proporção exata de ortoclásio e esmectita no solo e também explicar o teor elevado de sílica medido na análise por FRX (o que pode ter sido causado pela contaminação da amostra com areia no momento da coleta). Além disso uma análise do material para fertilidade do solo revelaria se o potássio medido encontra-se totalmente preso na estrutura do ortoclásio ou na forma trocável em argila, bem como se a acidez do material seria um impeditivo para sua adoção como remineralizador.

8. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo levantar os tipos de rochas que têm sido utilizadas para rochagem nos últimos anos de modo a nortear a busca nos mapas de geologia regional da borda leste da Bacia do Paraná, em particular no entorno do Assentamento Ipanema em Iperó, SP. Para tanto, adotou-se um raio de 25 quilômetros para busca nos mapas geológicos de modo a viabilizar o custo com o transporte de um possível material até o Assentamento Ipanema.

Foram utilizados laudos de fertilidade de amostras de solo coletadas no Assentamento Ipanema como um ponto de partida para buscar rochas cuja composição química e mineralógica pudesse melhorar os parâmetros identificados como críticos na fertilidade do solo. A comparação dos resultados das análises com os valores de referência do Boletim 100 do Instituto Agrônomo mostrou que as concentrações baixas de potássio, fósforo, magnésio e boro e a acidez elevada podem ser limitantes na fertilidade do solo do Assentamento, mas é necessária uma amostragem em maior escala para maior certeza da situação atual do solo no local, que espera-se ser heterogênea entre diferentes propriedades por se tratar de um local com predominância de agricultura familiar.

As unidades geológicas que aparecem dentro da área de estudo são o Complexo Alcalino Ipanema, cujas rochas apresentam composição muito favorável para uso em rochagem, e o Granito Sorocaba no limite leste da área. Este último precisa ser melhor estudado em escala local pois o teores de quartzo e de feldspato potássico na rocha não pode ser detalhado pela bibliografia e podem ser limitantes ao uso do pó de rocha para remineralização de solos. Nesse contexto, não foram encontradas minas em operação que pudessem oferecer rocha já cominuída para aplicação como rochagem no Assentamento Ipanema.

Outrossim, o afloramento de solo argiloso encontrado no quilômetro 7 da Rodovia Santos Dummont apresenta teor elevado de potássio e presença de esmectita na composição mineral e parece ser um indício de que o magmatismo alcalino do Complexo Ipanema gerou apófises de rocha alcalina no entorno do Domo de Araçoiaba. Com uma melhor caracterização mineralógica da argila encontrada e confirmada a predominância de esmectita, poderão ser buscadas próximo ou dentro do Assentamento Ipanema por afloramentos semelhantes que podem ser utilizados pelos próprios agricultores para melhorar as condições de solos do próprio assentamento. A utilização desse material poderia melhorar a CTC do solo, auxiliar no fornecimento de potássio a longo prazo e melhorar a retenção de água no solo de aplicação.

Trabalhos futuros com mapeamento em detalhe das ocorrências desses afloramentos, da avaliação mais completa da fertilidade do solo no Assentamento Ipanema e de rochas que ainda não tiveram a eficácia testada como remineralizadores de solo certamente

acrescentarão aos resultados dessa pesquisa e poderão comprovar ou invalidar as interpretações e conclusões aqui registradas.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquino, J.M. de, 2019, Província alcalina de Fortaleza, Ceará, Brasil: Petrografia, Geoquímica e potencial como remineralizador de solos [Dissertação de Mestrado]: Universidade Federal do Ceará, 114 p. Disponível em <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/44798>.
- Augusto, V.L., Laércio, A.P., Marcelo, A.B., Fábio, S., Ana, P. da S.G., e Janete, C.D.C., 2021, Agronomic feasibility of using basalt powder as soil nutrient remineralizer: African Journal of Agricultural Research, v. 17, p. 487–497. doi:10.5897/AJAR2020.15234.
- Azevedo, A.C. de, Pedron, F. de A., Sartor, L.R., e Casarini, P.G., 2012, Filossilicatos 2:1 com hidróxi entrecamadas em solos: estado atual do conhecimento e perspectivas de pesquisa: Revista de Ciências Agrárias, v. 55, p. 236–243. doi:10.4322/rca.2012.056.
- Azzone, R.G., Brotzu, P., de Barros Gomes, C., Melluso, L., Morbidelli, L., Ruberti, E., Tassinari, C.C.G., Brilli, M., e Guarino, V., 2012, Magmatism and fenitization in the Cretaceous potassium-alkaline-carbonatitic complex of Ipanema São Paulo State, Brazil: Mineralogy and Petrology, v. 104, p. 43–61. doi:10.1007/s00710-011-0168-4.
- Beerling, D.J. et al., 2018, Farming with crops and rocks to address global climate, food and soil security: Nature Plants, v. 4, p. 138–147. doi:10.1038/s41477-018-0108-y.
- Best, M.G., 2003, Igneous and metamorphic petrology: Malden, MA, Blackwell Publishers, 729 p.
- Brasil, 2016, Instrução normativa nº 5, de 10 de março de 2016: [Estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura].
- Castro, E., 2005, Aspectos da relação cidade campo: o Assentamento Ipanema: ENCONTRO DE GRUPOS DE PESQUISA, v. 1.
- Cella, D., e Rossi, M.C. de L., 2010, Análise do Mercado de Fertilizantes no Brasil: Interface Tecnológica, v. 7, p. 41–50.
- Cola, G.P.A., e Simão, J.B.P., 2012, Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica: Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 7, p. 15–27.
- Davino, A., 1975, Geologia da serra de Araçoiaba, Estado de São Paulo: Boletim IG, v. 6, p. 129. doi:10.11606/issn.2316-8978.v6i0p129-144.
- Escalante, A.M., 2003, Análise da estrutura produtiva de pequenos agricultores: evidência empírica e implicações para políticas públicas na Zona Bragantina: Novos Cadernos NAEA, v. 6, p. 61–94. doi:10.5801/ncn.v6i2.88.
- GlobalFert, 2019, Cloreto de Potássio – Principais origens de importação no Brasil em 2018: Disponível em <https://www.globalfert.com.br/category/boletins/> (acesso em maio 2021).
- Hoskins, B.R., 1997, Soil testing handbook for professionals in agriculture, horticulture, nutrient and residuals management: Maine Agriculture and Forest Experimental Station: Orono, ME, USA.
- ICMBIO, 2017, Plano de Manejo Floresta Nacional de Ipanema Volume I - Diagnóstico.:

- Lefebvre, D., Goglio, P., Williams, A., Manning, D.A.C., de Azevedo, A.C., Bergmann, M., Meersmans, J., e Smith, P., 2019, Assessing the potential of soil carbonation and enhanced weathering through Life Cycle Assessment: A case study for Sao Paulo State, Brazil: *Journal of Cleaner Production*, v. 233, p. 468–481. doi:10.1016/j.jclepro.2019.06.099.
- Lepsch, I.F., 2016, 19 lições de Pedologia: Oficina de Textos. Disponível em <https://books.google.com.br/books?id=SSWtCwAAQBAJ>.
- Lima, R. de C.M. de, Stamford, N.P., Santos, C.E. de R. e S., Lira Júnior, M. de A., e Dias, S.H.L., 2007, Eficiência e efeito residual de biofertilizantes de rochas com PK e enxofre com *Acidithiobacillus* em alface: *Horticultura Brasileira*, v. 25, p. 402–407. doi:10.1590/S0102-05362007000300016.
- Machado, R.V., Andrade, F.V., Passos, R.R., Ribeiro, R.C. da C., Mendonça, E.S., e Mesquita, L.F., 2016, Characterization of Ornamental Rock Residue and Potassium Liberation Via Organic Acid Application: *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40. doi:10.1590/18069657rbcS20150153.
- MAPA, 2016a, Instrução Normativa Nº 5, de 10 de março de 2016: Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, p. 1–7.
- MAPA, 2016b, Instrução Normativa Nº 5, de 10 de março de 2016: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, p. 1–7. 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.
- Mindat, 2021, Hastingsite: Mindat,. Disponível em <https://www.mindat.org/min-1824.html> (acesso em setembro 2021).
- Oliveira, J.E. de, 2016, Monitoramento Participativo De Sistemas Agroflorestais Nos Assentamentos Do Município De Iperó -Sp: UFSCAR, 134 p.
- Pádua, E.J. de, 2012, Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas [Dissertação de Mestrado]: Universidade Federal de Lavras, 92 p.
- Pereira, L.F. et al., 2021, Physiological changes in soybean cultivated with soil remineralizer in the Cerrado under variable water regimes: *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 56, p. e01455. doi:10.1590/s1678-3921.pab2021.v56.01455.
- Perrotta, M.M. et al., 2006, Geologia e recursos minerais do estado de São Paulo: CPRM, Programa Geologia do Brasil - PGB, escala 1:750.000. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/2966> (acesso em agosto 2021).
- Plata, L.G., Ramos, C.G., Silva Oliveira, M.L., e Silva Oliveira, L.F., 2021, Release kinetics of multi-nutrients from volcanic rock mining by-products: Evidences for their use as a soil remineralizer: *Journal of Cleaner Production*, v. 279, p. 123668. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123668.
- Rosada Júnior, J., 2003, Análise faciológica e rochas-reservatório do Grupo Itararé (permocarbonífero) no sudeste do estado de São Paulo. [Dissertação (mestrado)]: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 74 p.
- Santoro, J. et al., 1990, Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento da região do Município de Sorocaba (SP): Instituto Geológico (SP) 1.
- Silva, E.A. da, Cassiolato, A.M.R., Maltoni, K.L., e Scabora, M.H., 2008, Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo

- exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott: Revista Árvore, v. 32, p. 323–333. doi:10.1590/s0100-67622008000200015.
- Taiz, L., Zeiger, E., Maller, I.M., e Murphy, A., 2006, Plant Physiology and Development: Sinauer Associates, Inc., v. 1, 672 p.
- Teixeira, A. L., 2009, Mapa Geológico do Município de Sorocaba (SP): Instituto Geológico, Programa Levantamentos Geológicos Básicos, escala 1:50.000.
- Theodoro, S.H., Leonardos, O., Rocha, E.L., e Rego, K.G., 2006, Experiências De Uso De Rochas Silicáticas Como Fonte De Nutrientes: Espaço e Geografia, v. 9, p. 263–292.
- Theodoro, S.H., de Paula Medeiros, F., Ianniruberto, M., e Baiocchi Jacobson, T.K., 2021, Soil remineralization and recovery of degraded areas: An experience in the tropical region: Journal of South American Earth Sciences, v. 107, p. 103014. doi:10.1016/j.jsames.2020.103014.
- Valente, J.P.S., Padilha, P.M.A., e Silva, M.M. da, 1997, Contribuição da cidade de Botucatu - SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita: Eclética Química, v. 22. doi:http://dx.doi.org/10.1590/S0100-46701997000100004.
- Velde, P., e Barré, P., 2010, Soils, Plants and Clay Minerals: Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-03499-2.
- Viana, J.H.M., Coelho, A.M., Thomazini, A., e Carvalho, M.P.F.D., 2021, Evaluation of the agricultural potential of the serpentinite rock as a soil remineralizer: Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 93, p. e20201614. doi:10.1590/0001-3765202120201614.
- Willmersdorf, O.F.G., Lorensi, C.J., e Cordeiro, A.Z., 2017, Plano de Manejo Floresta Nacional de Ipanema Volume I - Diagnóstico: ICMBIO Floresta Nacional de Ipanema, 306 p.
- Winge, M., 2021, Biotitito: Glossário Geológico Ilustrado,. Disponível em <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/biotitito.htm> (acesso em setembro 2021).

ANEXO A – LAUDOS DE FERTILIDADE DO SOLO DO ASSENTAMENTO IPANEMA

IDEAL Análises Agrícolas e Técnicas Ltda

Registrado no C.R.Q. N° 29.417-F – 4ª Região



N°Laudo	Entrada	Emissão	Mat.Analisado	Pagina
0003	06/01/2020	08/01/2020	Solo	1 de 1

Solicitante:

Zenoque Efeso Ribeiro
R. Bento Gonçalves, 431
- Cep:18044-330
Sorocaba - SP

Interessado:

Biazze
Iperó

N° Lab	Identificação da (s) Amostra (s)
0003	Área bananal 00-20 cm
0004	Área capivara 00-20 cm

Determinações			Resultado (s) da (s) Amostra (s)									
N° do Laboratório			0003	0004	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	pH	CaCl2	5,2	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-
MO	Mat.Orgânica	g/dm³	19	24	-	-	-	-	-	-	-	-
P	Fósforo	mg/dm³	4	7	-	-	-	-	-	-	-	-
K	Potássio	mmolc/dm³	0,8	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Cálcio	mmolc/dm³	22	12	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	Magnésio	mmolc/dm³	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-
H+Al	H+Al	mmolc/dm³	38	47	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	Alumínio	mmolc/dm³	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
SB	Soma de Bases	mmolc/dm³	29	19	-	-	-	-	-	-	-	-
CTC	C.T.Cations	mmolc/dm³	67	66	-	-	-	-	-	-	-	-
V%	Sat.por Bases	%	43	29	-	-	-	-	-	-	-	-
m%	Sat.por Al	%	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-
S-SO4	Enxôfre	mg/dm³	9	8	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Boro	mg/dm³	0,11	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	Cobre	mg/dm³	0,4	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Ferro	mg/dm³	16	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	Manganês	mg/dm³	1,8	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	Zinco	mg/dm³	0,4	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
K/CTC	% de K na CTC		1,2	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/CTC	% de Ca na CTC		32,9	18,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg/CTC	% de Mg na CTC		9,0	7,6	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Mn	P/Mn		2,2	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Zn	P/Zn		10,0	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Ca	K/Ca		0,0	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mg	K/Mg		0,1	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mn	K/Mn		0,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mg	Ca/Mg		3,7	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mn	Ca/Mn		12,2	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe/Mn	Fe/Mn		8,9	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-

Metodologia Utilizada

P - K - Ca - Mg = Resina

B - H2O Quente

SO4 - Fosfato Monocalcio 0,01M Relação 1:2,5

Cu - Fe - Mn - Zn - Extração p/ DTPA

Responsável: MARIA SALETE DE BRITO BASSETO

C. R. Q. N° 04405780

4ª Região

Maria S. Basseto

Assinatura

IDEAL Análises Agrícolas e Técnicas Ltda

Registrado no C.R.Q. N° 29.417-F – 4ª Região



Nº Laudo	Entrada	Emissão	Mat. Analisado	Pagina
0004	06/01/2020	08/01/2020	Solo	1 de 1

Solicitante:

Zenoque Efeso Ribeiro
R. Bento Gonçalves, 431
- Cep: 18044-330
Sorocaba - SP

Interessado:

Boaventura
Sítio São Boaventura
Iperó

Nº Lab	Identificação da (s) Amostra (s)
0005	Área micro 00-20 cm
0006	Área micro completa 00-20 cm

Determinações			Resultado (s) da (s) Amostra (s)									
Nº do Laboratório			0005	0006	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	pH	CaCl ₂	4,9	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-
MO	Mat.Orgânica	g/dm ³	20	26	-	-	-	-	-	-	-	-
P	Fósforo	mg/dm ³	3	67	-	-	-	-	-	-	-	-
K	Potássio	mmolc/dm ³	1,5	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Cálcio	mmolc/dm ³	10	23	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	Magnésio	mmolc/dm ³	4	8	-	-	-	-	-	-	-	-
H+Al	H+Al	mmolc/dm ³	47	47	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	Alumínio	mmolc/dm ³	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
SB	Soma de Bases	mmolc/dm ³	16	35	-	-	-	-	-	-	-	-
CTC	C.T.Cations	mmolc/dm ³	63	82	-	-	-	-	-	-	-	-
V%	Sat.por Bases	%	25	42	-	-	-	-	-	-	-	-
m%	Sat.por Al	%	6	0	-	-	-	-	-	-	-	-
S-SO ₄	Enxôfre	mg/dm ³	8	9	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Boro	mg/dm ³	0,12	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	Cobre	mg/dm ³	0,4	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Ferro	mg/dm ³	14	22	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	Manganês	mg/dm ³	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	Zinco	mg/dm ³	2,2	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
K/CTC	% de K na CTC		2,4	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/CTC	% de Ca na CTC		16,0	28,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg/CTC	% de Mg na CTC		6,4	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Mn	P/Mn		1,5	33,5	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Zn	P/Zn		1,4	41,9	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Ca	K/Ca		0,1	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mg	K/Mg		0,4	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mn	K/Mn		0,8	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mg	Ca/Mg		2,5	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mn	Ca/Mn		5,0	11,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe/Mn	Fe/Mn		7,0	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-

Metodologia Utilizada

P - K - Ca - Mg = Resina

B - H₂O Quente

SO₄ - Fosfato Monocalcio 0,01M Relação 1:2,5

Cu - Fe - Mn - Zn - Extração p/ DTPA

Responsável: MARIA SALETE DE BRITO BASSETO

C. R. Q. N° 04405780

4ª Região

Maria S. Basseto

Assinatura

IDEAL Análises Agrícolas e Técnicas Ltda

Registrado no C.R.Q. Nº 29.417-F – 4ª Região



Nº Laudo	Entrada	Emissão	Mat. Analisado	Pagina
0883	12/09/2019	18/09/2019	Solo	1 de 1

Solicitante:

Zenoque Efeso Ribeiro
R. Bento Gonçalves, 431
- Cep: 18044-330
Sorocaba - SP

Interessado:

Edson / Greco

Nº Lab	Identificação da (s) Amostra (s)
1934	Área SAF 00-40 cm

Determinações			Resultado (s) da (s) Amostra (s)									
Nº do Laboratório			1934	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	pH	CaCl2	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MO	Mat.Orgânica	g/dm³	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	Fósforo	mg/dm³	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	Potássio	mmolc/dm³	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Cálcio	mmolc/dm³	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	Magnésio	mmolc/dm³	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H+Al	H+Al	mmolc/dm³	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	Alumínio	mmolc/dm³	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB	Soma de Bases	mmolc/dm³	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CTC	C.T.Cations	mmolc/dm³	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V%	Sat.por Bases	%	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m%	Sat.por Al	%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S-SO4	Enxôfre	mg/dm³	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Boro	mg/dm³	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	Cobre	mg/dm³	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Ferro	mg/dm³	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	Manganês	mg/dm³	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	Zinco	mg/dm³	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/CTC	% de K na CTC		4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/CTC	% de Ca na CTC		26,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg/CTC	% de Mg na CTC		6,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Mn	P/Mn		5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Zn	P/Zn		8,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Ca	K/Ca		0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mg	K/Mg		0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mn	K/Mn		2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mg	Ca/Mg		4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mn	Ca/Mn		16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe/Mn	Fe/Mn		22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Metodologia Utilizada

P - K - Ca - Mg = Resina

B - H2O Quente

SO4 - Fosfato Monocalcio 0,01M Relação 1:2,5

Cu - Fe - Mn - Zn - Extração p/ DTPA

Responsável: MARIA SALETE DE BRITO BASSETO

C. R. Q. Nº.04405780

4ª Região

Maria S. Basseto

Assinatura

IDEAL Análises Agrícolas e Técnicas Ltda

Registrado no C.R.Q. N° 29.417-F – 4ª Região



N°Laudo	Entrada	Emissão	Mat.Analisado	Pagina
1089	14/11/2019	19/11/2019	Solo	1 de 1

Solicitante:

Zenoque Efeso Ribeiro
R. Bento Gonçalves, 431
- Cep:18044-330
Sorocaba - SP

Interessado:

Ivan Ligeirinho

N° Lab	Identificação da (s) Amostra (s)
2305	Bananal Nanica 0-40 cm
2306	Bananal Prata 0-40 cm

Determinações			Resultado (s) da (s) Amostra (s)									
N° do Laboratório			2305	2306	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	pH	CaCl2	5,5	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-
MO	Mat.Orgânica	g/dm³	13	15	-	-	-	-	-	-	-	-
P	Fósforo	mg/dm³	22	17	-	-	-	-	-	-	-	-
K	Potássio	mmolc/dm³	1,0	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Cálcio	mmolc/dm³	32	29	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	Magnésio	mmolc/dm³	9	10	-	-	-	-	-	-	-	-
H+Al	H+Al	mmolc/dm³	38	34	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	Alumínio	mmolc/dm³	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
SB	Soma de Bases	mmolc/dm³	42	41	-	-	-	-	-	-	-	-
CTC	C.T.Cations	mmolc/dm³	80	75	-	-	-	-	-	-	-	-
V%	Sat.por Bases	%	53	55	-	-	-	-	-	-	-	-
m%	Sat.por Al	%	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
S-SO4	Enxôfre	mg/dm³	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Boro	mg/dm³	0,16	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	Cobre	mg/dm³	0,4	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Ferro	mg/dm³	16	34	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	Manganês	mg/dm³	2,2	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	Zinco	mg/dm³	1,2	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
K/CTC	% de K na CTC		1,3	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/CTC	% de Ca na CTC		40,0	38,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg/CTC	% de Mg na CTC		11,3	13,4	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Mn	P/Mn		10,0	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Zn	P/Zn		18,3	9,4	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Ca	K/Ca		0,0	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mg	K/Mg		0,1	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mn	K/Mn		0,5	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mg	Ca/Mg		3,6	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mn	Ca/Mn		14,5	13,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe/Mn	Fe/Mn		7,3	15,5	-	-	-	-	-	-	-	-

Metodologia Utilizada

P - K - Ca - Mg = Resina

B - H2O Quente

SO4 - Fosfato Monocalcio 0,01M Relação 1:2,5

Cu - Fe - Mn - Zn - Extração p/ DTPA

Responsável: MARIA SALETE DE BRITO BASSETO

C. R. Q. N° 04405780

4ª Região

Maria S. Basseto

Assinatura

IDEAL Análises Agrícolas e Técnicas Ltda

Registrado no C.R.Q. N° 29.417-F – 4ª Região



N°Laudo	Entrada	Emissão	Mat.Analisado	Pagina
0002	06/01/2020	08/01/2020	Solo	1 de 1

Solicitante:

Zenoque Efeso Ribeiro
R. Bento Gonçalves, 431
- Cep:18044-330
Sorocaba - SP

Interessado:

Lourdes/Renato
Sítio Tambaú
Iperó

N° Lab	Identificação da (s) Amostra (s)
0002	Área canteiros 00-20 cm

Determinações			Resultado (s) da (s) Amostra (s)									
N° do Laboratório			0002	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	pH	CaCl2	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MO	Mat.Orgânica	g/dm³	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	Fósforo	mg/dm³	338	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	Potássio	mmolc/dm³	8,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Cálcio	mmolc/dm³	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	Magnésio	mmolc/dm³	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H+Al	H+Al	mmolc/dm³	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	Alumínio	mmolc/dm³	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB	Soma de Bases	mmolc/dm³	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CTC	C.T.Cations	mmolc/dm³	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V%	Sat.por Bases	%	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m%	Sat.por Al	%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S-SO4	Enxôfre	mg/dm³	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Boro	mg/dm³	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	Cobre	mg/dm³	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Ferro	mg/dm³	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	Manganês	mg/dm³	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	Zinco	mg/dm³	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/CTC	% de K na CTC		6,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/CTC	% de Ca na CTC		63,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg/CTC	% de Mg na CTC		16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Mn	P/Mn		845,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Zn	P/Zn		42,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Ca	K/Ca		0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mg	K/Mg		0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mn	K/Mn		20,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mg	Ca/Mg		3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mn	Ca/Mn		197,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe/Mn	Fe/Mn		10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Metodologia Utilizada

P - K - Ca - Mg = Resina

B - H2O Quente

SO4 - Fosfato Monocalcio 0,01M Relação 1:2,5

Cu - Fe - Mn - Zn - Extração p/ DTPA

Responsável: MARIA SALETE DE BRITO BASSETO

C. R. Q. N° 04405780

4ª Região

Maria S. Basseto

Assinatura

IDEAL Análises Agrícolas e Técnicas Ltda

Registrado no C.R.Q. Nº 29.417-F – 4ª Região



Nº Laudo	Entrada	Emissão	Mat. Analisado	Pagina
0882	12/09/2019	18/09/2019	Solo	1 de 1

Solicitante:

Zenoque Efeso Ribeiro
R. Bento Gonçalves, 431
- Cep: 18044-330
Sorocaba - SP

Interessado:

Sergio Neri
Canto dos Ipês

Nº Lab	Identificação da (s) Amostra (s)
1933	Ipanema área 1 talhão Paulistinha 00-20 cm

Determinações			Resultado (s) da (s) Amostra (s)									
Nº do Laboratório			1933	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	pH	CaCl ₂	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MO	Mat.Orgânica	g/dm ³	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	Fósforo	mg/dm ³	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	Potássio	mmolc/dm ³	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Cálcio	mmolc/dm ³	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	Magnésio	mmolc/dm ³	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H+Al	H+Al	mmolc/dm ³	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	Alumínio	mmolc/dm ³	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB	Soma de Bases	mmolc/dm ³	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CTC	C.T.Cations	mmolc/dm ³	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V%	Sat.por Bases	%	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m%	Sat.por Al	%	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S-SO ₄	Enxôfre	mg/dm ³	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Boro	mg/dm ³	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	Cobre	mg/dm ³	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Ferro	mg/dm ³	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	Manganês	mg/dm ³	11,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	Zinco	mg/dm ³	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/CTC	% de K na CTC		6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/CTC	% de Ca na CTC		34,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg/CTC	% de Mg na CTC		11,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Mn	P/Mn		1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P/Zn	P/Zn		12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Ca	K/Ca		0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mg	K/Mg		0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K/Mn	K/Mn		0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mg	Ca/Mg		3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca/Mn	Ca/Mn		1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe/Mn	Fe/Mn		0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Metodologia Utilizada

P - K - Ca - Mg = Resina

B - H₂O Quente

SO₄ - Fosfato Monocalcio 0,01M Relação 1:2,5

Cu - Fe - Mn - Zn - Extração p/ DTPA

Responsável: MARIA SALETE DE BRITO BASSETO

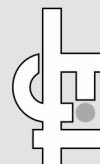
C. R. Q. Nº.04405780

4ª Região

Maria S. Basseto

Assinatura

**ANEXO B – LAUDO DA ANÁLISE QUÍMICA POR ESPECTROMETRIA DE
FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X (FRX)**



RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA

RELATÓRIO: FRX 517-21

REQ: 0763-21

DATA: 10/11/2021

CLIENTE: Paulo César Boggiani

1. MÉTODO: Os teores apresentados foram determinados em amostra fundida com tetraborato de lítio, na calibração ROC-1 (Rochas), relativa a análise quantitativa por comparação com materiais de referência certificados, em espectrômetro de fluorescência de raios X, marca Malvern Panalytical, modelo Zetium. A Perda ao Fogo (PF) foi realizada a 1.020°C por 2h.

2. RESULTADOS:

Nº LCT	7238
Amostra	Castelinho
SiO ₂ (%)	59,7
Al ₂ O ₃ (%)	14,6
Fe ₂ O ₃ (%)	9,20
MnO (%)	<0,10
MgO (%)	2,90
CaO (%)	0,37
Na ₂ O (%)	0,60
K ₂ O (%)	4,43
TiO ₂ (%)	1,14
P ₂ O ₅ (%)	0,19
PF (%)	7,19

Executado por: Mavinieur Sabo Yamaguishi (10/11/2021 10:30 BRT)

Revisado por: Dra. Gislayne Kelmer - CRQ 04165656-4ªR (12/11/2021 17:15 BRT)

Prof. Dra. Carina Ulsen
Coordenadora do LCT - Poli/USP

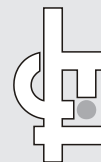
NOTA: Os resultados expostos acima referem-se apenas à(s) amostra(s) enviada(s) ao LCT; a representatividade da(s) mesma(s) é de inteira responsabilidade do cliente.

Verifique a autenticidade deste documento em www.lct.poli.usp.br utilizando o código **QWSD-WSPD-PYLP-UKJB**

Relatório FRX 517-21

Página 1 de 1

**ANEXO C – LAUDO DA ANÁLISE MINERALÓGICA POR DIFRATOMETRIA DE
FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X (DFX)**



RESULTADO DE IDENTIFICAÇÃO DE FASES POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

RELATÓRIO: DRX 1174/21

DATA: 19/11/2021

CLIENTE: Paulo César Boggiani

AMOSTRA: Castelinho

IDENT. LCT: 526-7238.HPF

1. MÉTODO

O estudo foi efetuado através do método do pó, mediante o emprego de difratômetro de raios X com detector sensível a posição.

A identificação das fases cristalinas, abaixo discriminadas, foi obtida por comparação do difratograma da amostra com os bancos de dados PDF2 do ICDD - International Centre for Diffraction Data e ICSD – Inorganic Crystal Structure Database.

2. RESULTADOS

Os resultados obtidos estão listados na tabela abaixo:

ICDD	Mineral	Fórmula Química	Obs
01-086-1560	Quartzo	SiO ₂	
01-075-1190	Ortoclásio	K(AlSi ₃ O ₈)	
00-003-0015	Esmectita	(Na,Ca) _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ •xH ₂ O	

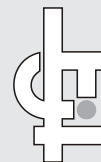
O difratograma obtido (cor vermelha), onde são assinaladas as linhas de difração correspondente(s) à(s) fase(s) identificada(s) (cada fase em uma cor distinta) é apresentado anexo.

Executado por: M.Sc. Gaspar Darin Filho (20/11/2021 12:35 BRT)
Revisado por: Dra. Juliana Lívi Antoniassi (20/11/2021 23:53 BRT)

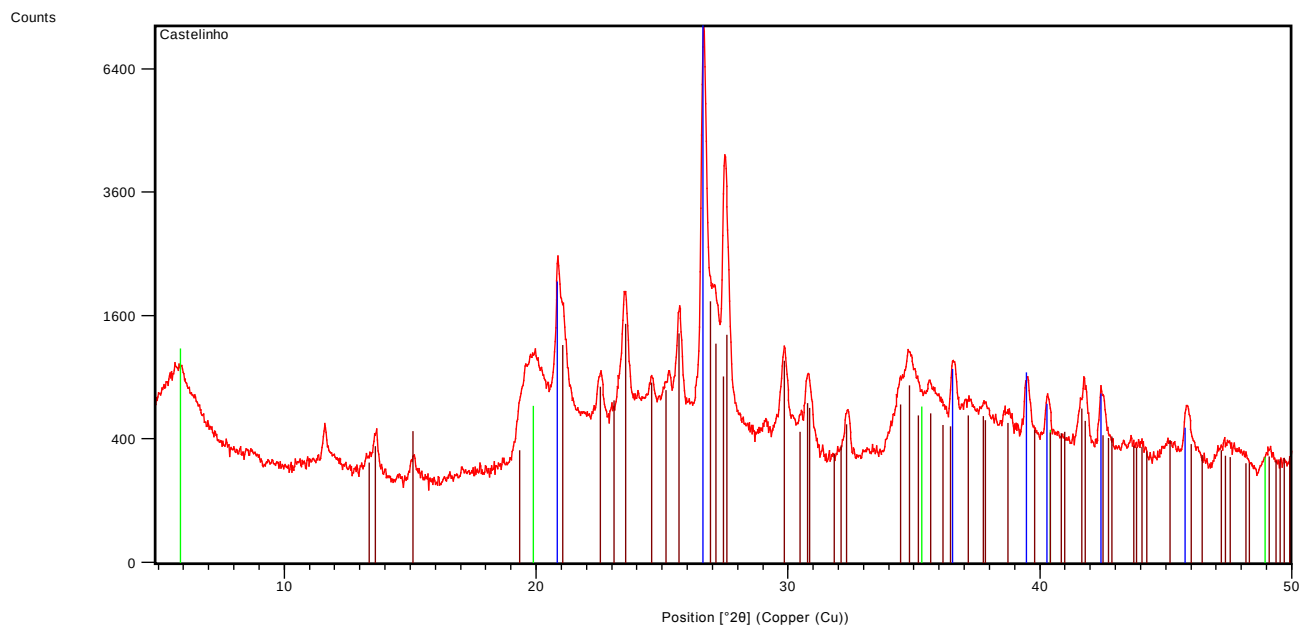
Prof. Dra. Carina Ulsen
Coordenadora do LCT - Poli/USP

NOTA: Os resultados expostos acima referem-se apenas à(s) amostra(s) enviada(s) ao LCT; a representatividade da(s) mesma(s) é de inteira responsabilidade do cliente.

Verifique a autenticidade deste documento em www.lct.poli.usp.br utilizando o código **CHSI-WVPL-CCYP-WBOB**



DIFRATOGRAMA DE RAIOS X



FASES IDENTIFICADAS

