

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”

0111000 - Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrônômica



**Potencial de consumo de remineralizadores como fonte de
nutrientes na agricultura e construção do modelo de arranjos
produtivos locais**

Betânia Roqueto dos Reis
Orientador: Prof. Antonio Carlos Azevedo

Piracicaba
Junho/2015

SUMÁRIO

1	Agradecimentos	4
2	Resumo	5
3	Revisão bibliográfica	8
3.1	Agricultura	8
3.2	Solo e fertilizantes solúveis.....	10
3.3	Remineralizador	12
4	Material e métodos.....	21
4.1	Os solos da área de estudo	21
4.2	Características do Remineralizador.....	23
4.3	O modelo para consumo e dissolução do remineralizador.....	24
4.3.1	O modelo para estimar o consumo potencial de remineralizador – Modelo com base na Necessidade de Calcário (NC).....	24
4.3.2	Necessidade de fertilizante químico solúvel para raio de 100 km.....	25
4.3.3	Cenário 1) RM solubiliza 100%	25
4.3.4	Criação de Cenário 2) Solubilização do RM de acordo com o Experimento em Pirassununga.....	26
5	Resultados e discussões	28
5.1	Área de estudo.....	28
5.2	Difratometria de Raio X – DRX.....	31
5.3	Fluorescência de Raios X – FRX.....	32
5.4	Composição granulométrica	33

5.5	Química do Remineralizador	34
5.6	Análises comparativas entre RM e Fertilizante Químico solúvel	35
5.7	Modelo para consumo do Remineralizador	37
5.7.1	Estimativa da Necessidade de Calagem como teste para o modelo de potencial de consumo de RM.....	37
5.7.2	Necessidade de fertilizante químico solúvel para raio de 100 km	39
5.7.3	Cenário 1. Necessidade de RM considerando dissolução 100%	40
5.7.4	Cenário 2. Necessidade de RM baseado no caso Pirassununga.....	41
6	Considerações finais	44
7	Bibliografia	46

1 AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Prof. Antonio C. Azevedo e ao GPMSO – Grupo de Pesquisa em Mineralogia do Solo pela oportunidade e confiança. Sem a força e união deste grupo este trabalho não seria possível.

Obrigada.

2 RESUMO

Potencial de consumo de remineralizadores como fonte de nutrientes na agricultura e construção do modelo de arranjos produtivos locais

Diante de um contexto onde a civilização depende da agricultura para sobrevivência e que esta agricultura é altamente adicta de insumos externos para se perpetuar, há necessidade de desenvolver alternativas que deem mais autonomia e segurança aos agricultores. O estudo visou avaliar o potencial de consumo de remineralizadores, fertilizante obtido por meio de rochas moídas. Dessa forma, o remineralizador, atua como solução para dois problemas enfrentados atualmente: a utilização do excedente da indústria de mineração e a dependência de importação de fertilizantes finitos e de alto custo da agricultura. No entanto, para seu uso correto são necessários estudos e metodologias de aplicação. O remineralizador utilizado neste trabalho foi obtido de uma mineradora localizada na cidade de Limeira/SP. Foram utilizados os dados apresentados no Levantamento de Solos do Estado de São Paulo, Boletim 12 – SNPA (1960) e as instruções para recomendação de fertilizante para Potássio e Fósforo, de acordo com Boletim 100 – IAC (1997) para estimar a massa necessária de remineralizador para satisfazer a necessidade de uma cultura de milho com produção de 10 toneladas por hectare. Dois cenários foram discutidos, qual sejam a de uma taxa de dissolução de 100% e de 3% durante o período de desenvolvimento da cultura. Os resultados da necessidade de remineralizador se comparam aos de necessidade de calagem para a área estudada, da ordem de grandeza de milhões de toneladas. EM comparação com a quantidade de fertilizante inorgânico solúvel, a necessidade de remineralizador com taxa de dissolução de 100% foi 50 vezes maior que a quantidade de fertilizante inorgânico solúvel. AO considerar-se a taxa de 3%, a massa de remineralizador é da ordem de 1000 vezes maior. Novamente, estas estimativas são conservadoras porque não levam em consideração a liberação de nutrientes a longo prazo, do remineralizador.

PALAVRAS-CHAVE: Rochagem; Pó de rocha; condicionadores de solo

Abstract:

Potential consumption of remineralizers as plant nutrientsource in agriculture and a model for local productive arrange

Considering that our civilization relies on agriculture to sustain itself, and how the agriculture model is sustained by high input of commodities in these days, it is urgent to search for, at least partial, alternative sources of plant nutrients and soil conditioners, which also would provide farmers food security and autonomy. The present study evaluated the potential of consumption of remineralizers, which are ground rocks. The remineralizer used in this study was the diabase made by Cavinatto Mine Company, at Limeira town, São Paulo State. The model was tested using the available data on liming. Soil type, distribution and chemical status was sourced in the Sao Paulo State Soil Survey, and Potassium and Phosphorus necessity was estimated using the methodology proposed by the Agronomic Institute of Campinas, in its Bulletin # 100 publication. Two scenarios were considered: 100% dissolution and 3% dissolution of remineralizer, during the one single crop of maize. The 3% index is an early estimate based on the field experiment in course in Pirassununga city, about 100 km of Limeira mine. Results were that the need of industrial fertilizer is about fifty times smaller than the remineralizer for 100% dissolution and a thousand times for 3% dissolution. The estimates are conservative because do not take into account the long term dissolution of remineralizers, as compared to synthetic fertilizer, and emphasize the need to mineralogical and chemical studies to adjust the use of remineralizers and its role in crop production.

KEY WORDS: bread of stones – rock powder – plant nutrient

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Agricultura

A população humana atual é dependente da agricultura para sobrevivência. De acordo com Lutzemberger (2001), para que possamos alimentar a população crescente, além de controlar este crescimento, devemos desenvolver métodos de produção agrícola sustentáveis.

A população mundial, de acordo com Fundo de População das Nações Unidas – Fnuap, em 2010, atingiu 6,908 bilhões de habitantes e a taxa de crescimento é de aproximadamente 1,2% ao ano. O Brasil segue a tendência mundial, já que sua população cresceu, em média, 0,83% de 2014 para 2015 e, em 2014, atingiu 204,5 milhões de habitantes (IBGE, 2015).

Embora a população aumente e, assim, a demanda por alimento, o número de pessoas no campo só decresce. O êxodo rural, que desencadeou problemas enfrentados hoje no campo, como escassez de mão de obra, aumento da área produzida para exportação e redução da área utilizada para produção de alimentos, é explicado pela modernização da agricultura, processo ocorrido nos anos 60 e 70.

Anteriormente à modernização da agricultura, o aumento da produção agrícola era baseado no aumento das áreas cultivadas. Com o chamado movimento da “Revolução Verde” a utilização de fertilizantes e defensivos químicos, sementes melhoradas e maquinário passaram a fazer parte do sistema de produção agrícola brasileira a partir dos anos 60 (AGRA, N. G.; SANTOS, R. F; 2001).

O aumento do uso destas tecnologias incentivou a implantação de indústrias no Brasil, o que levou a uma modificação ainda maior do sistema de produção e a relação do homem com o campo. Atrelado às novas tecnologias, os créditos rurais destinados a grandes produtores incentivaram o aumento de grandes propriedades, o que favoreceu a venda de terras de agricultores familiares, destinados, agora, ao trabalho nas indústrias.

Esta trajetória do desenvolvimento da agricultura no Brasil e a relação do homem com a mesma induz ao problema que pequenos proprietários enfrentam hoje – a dependência de insumos externos devido à adoção de um sistema de produção baseado na “Revolução Verde” que não atende as necessidades e não é compatível com a

realidade destes produtores. Aliado a este sistema ineficiente, a ausência de assistência técnica contribui para o fracasso de muitos produtores, que migram para cidade em busca de novas oportunidades.

Dentre os materiais que tornam produtores dependentes de insumos externos à sua propriedade, os fertilizantes inorgânicos solúveis são responsáveis por grande parte do custo de produção. De acordo com Reis (2007), o custo de produção é determinado pela soma dos valores de todos os recursos (insumos e serviços) utilizados no processo produtivo de uma atividade agrícola, em determinado período de tempo, classificados em curtos e longos prazos. Para a Conab – Companhia Nacional de Desenvolvimento (2010), os fertilizantes se enquadram na categoria de custos variáveis para despesas de custeio da produção agrícola.

Na Tabela 1 observamos a participação do custo de fertilizantes em diferentes produtos oriundos da produção de agricultura familiar no estado de São Paulo (Conab, 2013).

Tabela 1. Conab (2013) de custo de fertilizante para produção familiar.

DESPESES DE CUSTEIO DA LAVOURA COM FERTILIZANTE NO ESTADO DE SÃO PAULO			
CULTURA E LOCAL PRODUZIDO	A PREÇOS DE:	May-13	PARTICIPAÇÃO
	R\$/ha	R\$/1000 kg	(%)
SAFRA 2013/2014			
Cana-de-açúcar tardia; Penápolis	735.29	9.36	26.5%
Cebola (muda + produção); Piedade	4,523.45	0.14	23.9%
Citrus; Aparecida D'Oeste	1,975.50	2.63	15.3%
Citrus; Potirendaba	3,237.40	1.95	18.4%
Pimentão Verde; Apiaí	8,391.50	2.80	15.5%
Pimentão Verde; São José do Rio Pardo	7,467.70	2.77	18.2%

No caso da cana-de-açúcar tardia em Penápolis, o custo com fertilizante é o maior de toda produção, seguido do aluguel de máquinas e serviços, que corresponde a 13,5%. Já para a cultura da cebola em Piedade, o maior custo da produção é com mão de obra temporária (41%) e em segundo lugar o custo com fertilizantes (23,9%). Em ambas as propriedades de Citrus o custo com fertilizantes ocupa o terceiro lugar, sendo mão-de-obra temporária e custo com máquinas o primeiro e segundo respectivamente.

Para o Pimentão, os fertilizantes ocupam o terceiro lugar de custo, variando o primeiro e segundo lugar de acordo com a propriedade.

O fato da participação do custo de fertilizantes na produção agrícola ser alta deve-se ao custo unitário destes fertilizantes utilizados. A Tabela 2 abaixo mostra os fertilizantes químicos mais utilizados na produção agrícola e seu valor correspondente a cada mês de 2014 (Conab, 2014).

Tabela 2. Fertilizantes químicos mais utilizados e seu custo.

Grupo : FERTILIZANTE
Sub-Grupo: QUÍMICO
UF: SP
Ano: 2014
Moeda: R\$

20 itens encontrados, mostrando todos itens.

Produto	Unidade	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
02-20-10	t	1.189,00	1.160,00	1.255,00	1.140,00	1.135,00	1.120,00	1.110,00	1.110,00	1.115,00	1.130,00	1.160,00	1.170,00
04-30-10	t	1.275,00	1.280,00	1.290,00	1.285,00	1.260,00	1.245,00	1.130,00	1.187,50	1.175,00	1.187,50	1.255,00	1.250,00
08-20-15	t	1.246,00	1.255,00	1.285,00	1.240,00	1.240,00	1.235,00	1.230,00	1.230,00	1.225,00	1.250,00	1.299,00	1.285,00
20-05-20	KG	1,34	1,36	1,37	1,36	1,35	1,34	0,00	1,35	1,34	1,35	1,43	1,44
21-00-21	t	1.050,00	1.100,00	1.150,00	1.140,00	1.080,00	1.085,00	0,00	1.100,00	1.115,00	1.125,00	1.150,00	1.170,00
ÁCIDO BÓRICO	KG	3,04	3,06	3,07	3,07	3,05	3,04	0,00	3,05	3,04	3,07	3,04	3,04
CALCÁRIO CALCÍTICO	t	88,30	88,80	89,00	88,30	88,20	88,10	109,09	109,09	108,30	109,08	111,00	111,50
CALCÁRIO DOLOMITICO	t	89,21	89,89	90,35	89,94	89,39	89,01	120,00	95,72	95,69	96,00	96,70	96,78
GESSO AGRÍCOLA	t	55,71	56,00	56,50	56,88	56,38	56,35	110,00	74,02	74,02	74,59	77,00	75,43
MAP	KG	2,25	2,18	2,28	2,28	2,26	2,26	0,00	2,27	2,26	2,28	2,45	2,45
NIPHOKAM 108	L	22,15	23,00	23,35	23,87	23,15	23,20	0,00	23,80	23,75	24,65	25,15	25,23
NITRATO DE POTÁSSIO	KG	3,28	3,30	3,31	3,30	3,24	3,20	0,00	3,20	3,20	3,22	3,50	3,51
SULFATO DE AMÔNIO	t	881,00	890,00	910,00	930,00	910,00	900,00	0,00	900,00	930,00	941,00	988,00	990,00
SULFATO DE MAGNÉSIO	KG	0,95	0,98	1,00	0,99	0,98	0,96	0,00	0,96	0,96	0,97	0,94	0,95
SULFATO DE MANGANÊS	KG	3,05	3,06	3,08	3,08	3,06	3,04	0,00	3,04	3,04	3,06	3,10	3,08
SULFATO DE ZINCO	KG	2,08	2,11	2,11	2,12	2,10	2,08	0,00	2,08	2,09	2,10	2,10	2,12
SUPERFOSFATO SIMPLES	t	793,00	800,00	810,00	819,00	810,00	815,00	0,00	817,00	820,00	825,00	880,00	880,00
SUPERFOSFATO SIMPLES	KG	0,92	0,93	0,93	0,94	0,93	0,92	0,00	0,92	0,92	0,93	1,01	1,02
URÉIA	t	1.540,00	1.428,00	1.555,00	1.440,00	1.370,00	1.360,00	1.355,00	1.355,00	1.335,00	1.340,00	1.360,00	1.350,00
YOORIN MASTER (TERMOFOSFATO)	KG	1,36	1,35	1,34	1,33	1,31	1,30	0,00	1,32	1,32	1,33	1,37	1,36

Em meio esta problemática, cria-se a necessidade de alternativas para fertilização do solo e para redução da dependência dos agricultores.

3.2 Solo e fertilizantes solúveis

O solo é a base de sustentação das plantas, ou seja, a base para alimentação.

Entretanto, o uso do solo para produção, seja para lavouras ou pastagens, não gera um sistema ecológico sustentável, na maioria das vezes. Como consequência estes solos utilizados de forma intensa e inadequada desenvolvem algum grau de degradação (CAMPOS; ALVES, 2008). De acordo Fernando Tatagiba, Chefe do Gabinete da Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Meio Ambiente (MMA), estima-se que há

aproximadamente 140 milhões de hectares considerados degradados – terras abandonadas, erodidas ou subutilizadas no Brasil.

Além do manejo ineficiente do solo poder acarretar na diminuição da fertilidade do solo por meio da erosão e lixiviação de nutrientes, é inevitável que a fertilidade natural do solo diminua após a colheita de qualquer cultura.

Para que a ausência ou baixa concentração de nutrientes não seja fator limitante ao desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente na produção de alimentos, há necessidade de complementar com nutrientes os solos naturalmente pouco férteis e repor ao solo os nutrientes exportados após a colheita.

Para tanto, a via de entrada dos nutrientes ao solo é através do uso de fertilizantes.

A legislação brasileira - Decreto 86.955, de 18 de fevereiro de 1982, define os fertilizantes como substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes das plantas (MAPA, 1980).

Dentre estes fertilizantes, os mais utilizados na agricultura atual são os fertilizantes minerais sintéticos, ou seja, fertilizantes obtidos por meio de diversas atividades que vão da extração da matéria prima até a composição final das formulações comerciais concentradas e solúveis.

Devido ao aumento da solubilidade do mineral, da concentração de nutrientes e devido ao gasto de energia para fabricação destes fertilizantes, seu custo é superior quando comparado aos fertilizantes minerais naturais e aos orgânicos. Além disso, o alto custo destes fertilizantes se dá pelo fato de serem, em sua maioria, importados de poucos países como USA, Rússia e Canadá, que também determinam o preço.

Além do preço elevado deste produto, os fertilizantes solúveis possuem diversos fatores externos que determinam sua eficiência de aplicação. De acordo com o Boletim Técnico Número 4 da ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos (2000) os fatores diretos que afetam a eficácia dos fertilizantes são qualidade do produto, característica físicas e químicas do solo, época, forma e uniformidade da aplicação.

Além destes fatores, a umidade do solo, a espécie da planta e métodos de conservação do solo e de minimização de perdas (lixiviação, volatilização do nitrogênio e fixação) são fundamentais para o sucesso da absorção do nutriente pela planta.

O clima tropical do Brasil acentua a preocupação com perdas dos nutrientes por lixiviação devido ao elevado índice de precipitação de determinadas regiões; isto afeta diretamente o custo final da produção.

Ao mesmo tempo que no Brasil, de acordo com documento publicado pelo Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDES (2006), cerca de 20% da amônia, 86% do sulfato de amônio, 98% do DAP, 69% do MAP e 90% dos fertilizantes potássicos utilizados são importados, temos a indústria mineradora e a produção de rochas ornamentais e de revestimento brasileira que geram grande quantidade de rejeito. De acordo com Soares e Mendes (1999), o rejeito das mineradoras ou finos da pedreira são materiais granulometricamente situados abaixo da fração 4,8 mm e não são utilizáveis no mercado. Este rejeito corresponde de 10 a 15% do volume produzido de brita, gerando milhões de toneladas anualmente (SOUZA, 2004).

Além dos rejeitos de mineradoras, a indústria de produção de rochas e ornamentais gera, nos setores de extração e beneficiamento, até 60% de rejeito em relação ao produto extraído. Esta grande quantidade de rejeito das indústrias pode ser depositada em locais inapropriados e se tornam passivo ambiental.

Frente à necessidade de desenvolver alternativas para o uso destes rejeitos, foram desenvolvidos estudos para a caracterização destes materiais e seu uso na agricultura como fonte de nutrientes.

3.3 Remineralizador

O remineralizador - RM, popularmente conhecido como pó de rocha, é produto de rochas moídas e peneiradas, ou seja, que não sofreram nenhuma transformação química.

Atualmente os RM são objeto de estudo para atenuar dois problemas: a dependência de importação de fertilizantes e a grande quantidade de rejeito gerado nas indústrias de mineração e pedreiras.

Diante destes problemas, o RM atuaria como fonte alternativa ou complementar de nutrientes para a agricultura, onde esta fonte seria inutilizável para as indústrias.

Apesar da incorporação de rochas moídas ao solo para aumento da fertilidade ser uma prática milenar, apenas no século XIX o pesquisador Julius Hensel organizou publicações sobre o uso do pó de rocha e sua importância na agricultura e alimentação humana.

Estes estudos ficaram conhecidos com “Pão de Pedra”, porém foram censurados por interesses políticos da época e os estudos de Justos Von Liebig, o inventor dos adubos químicos solúveis sintéticos, foram consagrados.

A partir de então, o pó de rocha perdeu espaço nos meios de estudos científicos e só voltou a ser estudado com o advento da agricultura orgânica, problemas ambientais consequentes do uso indiscriminado e ineficiente de adubos sintéticos e enormes quantidades de rejeitos de pó de rocha das mineradoras, que passou a ser denominado passivo ambiental.

Após estudos iniciados em diferentes universidades e centros de pesquisas do Brasil e de diversas propriedades agrícolas já usarem o RM como fonte alternativa de nutrientes, somente no dia 11/12/2013 foi sancionada a Lei 12.890, que inclui os RM na categoria de fertilizantes naturais, ou seja, passam a ser licenciados pelo Ministério da Agricultura o que garante que este seja testado adequadamente, liberado pelos órgãos ambientais estaduais, registrado no Mapa e comercializado com suas garantias mínimas.

Sendo o RM rocha moída e as rochas aglomerados de minerais, este produto é considerado excelente via de nutrição já que as rochas se diferenciam em quantidade e variedade de acordo com o processo de formação, possuindo macro e micronutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. De acordo com Leonardos et al. (1976), o princípio da rochagem é justamente a diversificação de nutrientes e busca suprir de forma equilibrada os nutrientes do solo.

Além da diversidade de minerais presentes na rocha ser aspecto favorável para utilização dos RM, o Brasil possui enorme geodiversidade, o que favorece o uso de diversos tipos de rochas em uma mesma região, com o intuito de suprir a demanda por diferentes tipos de nutrientes (THEODORO, 2000).

Dessa forma, quanto maior a variação de formações rochosas maior a diversidade de RM disponíveis para atender a demanda de diferentes tipos e condição do solo. Para análise, a Figura 1 mostra a diversidade geológica do Estado de São Paulo (CPRM, 2010) e indica as possibilidades de diferentes fontes de RM para a agricultura.

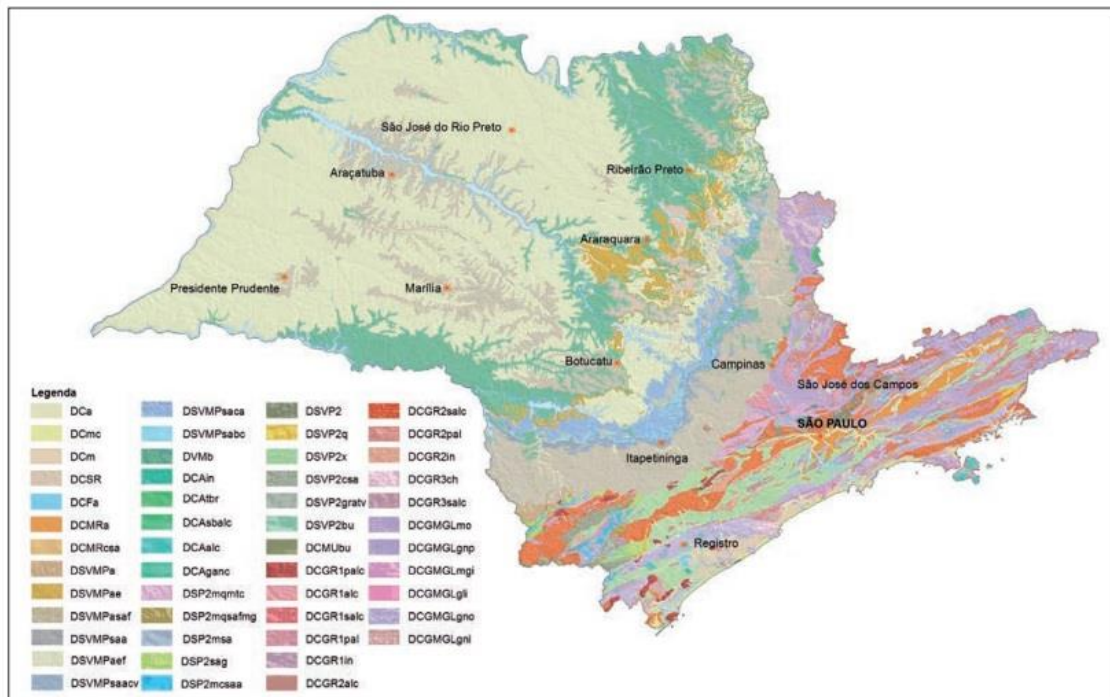


Figura 1. Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais no Estado de São Paulo (CPRM, 2010).

Além da composição do RM, outro fator importante a ser discutido é a dissolução do mesmo e, conseqüentemente, a liberação dos nutrientes no solo. Esta liberação ocorre por meio do intemperismo da rocha, mecanismo responsável pela formação dos solos que depende de fatores externos como ação de microorganismos, relevo, tempo e clima.

Pelo fato da disponibilização dos nutrientes dependerem do intemperismo da rocha, a solubilização do RM é mais lenta quando comparada aos fertilizantes minerais solúveis. Porém, este fator pode ser favorável, principalmente em ambientes tropicais, por liberar os nutrientes sem um período de tempo maior, diminuindo perdas por

lixiviação. De acordo com Theodoro *et. al.* (2010), os RM são considerados fertilizantes inteligentes ou de baixa solubilização - slow-release - justamente por esta característica.

Além disso, estudos de Leonardos *et al.* (1976) e Theodoro&Leonardos (2006) mostraram que determinados RM forneceram nutrientes demandados pela planta por um período de até cinco anos após sua incorporação.

A dissolução do RM pode ser acentuada de acordo com seu tamanho e forma; estudos realizados nesta área, chamada cominuição, demonstraram que os materiais mais finos, caracterizados como fração argila e silte, solubilizam mais rapidamente, liberando assim seus nutrientes mais facilmente (THEODORO et al. 2006).

Conforme dito anteriormente, os RM são modificados de acordo com a fonte de sua rocha. Nas Tabelas 3 e 4 abaixo observamos as rochas usadas na agricultura como fonte de nutrientes e seus locais de origem (SILVA, 2012).

Tabela 3. Tipos de rochas usadas para fertilização e seus locais de origem.

Tipo de material	Local	Fonte
Flogopitito - Carbonatito	Catalão (GO)	UnB – IG, Embrapa Cerrados (fase experimental)
Rejeitos de pedreiras (Patos de Minas – MG)	João Pinheiro – Fruta D’Anta (MG)	UnB – CDS – Projeto Fertilização da Terra pela Terra
Carbonatito – Ugandito – Flogopita/Biotita		Embrapa Cerrados – “Pó de rocha – custos comparativos”
Xisto	São Mateus do Sul – (PR)	Revista Petrobras nº108
Serpentinito, micaxisto	Jaramataia (AL)	Amparo, 2004
Granito intemperizado	Ipirá (BA)	Amparo, 2004
Micaxisto, rocha ultramáfica		Amparo, 2004
“Itafértil” (rocha ultramáfica, filito)	Produto de venda	Amparo, 2004
Folhelhos	PE, BA, PI, SC, SP, PR	Amparo, 2004
Granitos	BA, SC	Amparo, 2004
Basaltos	SC, SP, PR	Amparo, 2004
Arenitos	SC, SP, PR	Amparo, 2004
Calcários	BA, SP, GO	Amparo, 2004
Basalto	Ilha Maurício	Van Straaten, 2007
Flogopitito (rejeito de garimpo de esmeralda – fonte de K)		Ação transversal (MCT/FINEP)
Flogopitito (fonte de K e condicionador de solo)	Norte de BA (próximo a Juazeiro/Petrolina)	(MCT/FINEP)
Brecha alcalina (fonte de K e condicionador de solo)	Rio Verde – Sudoeste de GO	(MCT/FINEP)
Biotita Xisto (rejeito de mineração de ouro – fonte de K e condicionador de solo)	Chapada – Centro – Oeste de GO/Mara Rosa	(MCT/FINEP)
Ultramáfica alcalina (fonte de K, corretivo de acidez e condicionador de solo)	Lajes (SC)	(MCT/FINEP)

Tabela 4. Continuação.

Biotita Xisto (rejeito de garimpo de esmeralda – Fonte de K e condicionador de solo)	Paraíso do Tocantins (TO)	(MCT/FINEP)
Apatito/Carbonatito	Centro-Oeste de MT	(MCT/FINEP)
FosBahia (fosfato natural em exploração)	Irecê/Centro-Norte da BA (próximo a Xique-Xique)	(MCT/FINEP)
Itafós (fosfato natural em exploração)	Campos Belos (GO)	(MCT/FINEP)
Rochas fosfáticas (b)	Vários países	Van Straaten (2007)
a) Em pilhas compostas	Índia e vários outros países	Bangar et al. (1985), Sing e Amberger (1990, 1991, 1998) e Singh et al. (1983) citados por Van Straaten (2007)
b) com estrume verde	Quênia	Jama et al. (2000), Jama e Van Straaten (2006) e Sanchez et al. (1997) citados por Van Straaten (2007)
c) Biosolubilização com microrganismos	Vários países	Vários autores em Van Straatem (2007)
d) Com resíduo da indústria do couro	Sul, Sudeste da Ásia e em alguma regiões da África	Van Straatem (2007)
e) Inoculação com Mycorrhizae		Marschner e Dell (1994) citados por Van Straatem (2007)
Com Pirita (oxidação H ₂ SO ₄)	Laboratório	Lowell e Weil (1995)
g) Com carvão sulfuroso	Índia, Sri Lanka	Dahanayake et al. (1991) citados por Van Straaten (2007)

(a) Fonte: Loureiro, Melamed e Neto (2009); (b) (Minérios marginais, rejeitos e materiais considerados estéreis).

Apesar das rochas citadas acima serem de determinados locais, o uso de RM como fonte de nutrientes proporciona utilizar materiais disponíveis próximo da área de destino.

A ideia de utilizar fontes de rocha próximas do local de consumo é proposta e vem sendo desenvolvida pelo GPEMSO – Grupo de Pesquisa em Mineralogia do Solo com o conceito de Arranjos Produtivos Locais – APL (FERNANDES et al., 2008).

Os APL sugerem que sejam criados pontos de distribuição de RM para agricultura ao redor de pedreiras, empresas de concretagem e mineradoras que geram este produto como rejeito, dessa forma o antigo rejeito se transformaria em outro produto, não sendo mais passivo ambiental. A ideia dos APL é utilizar fontes geradoras de RM já existentes e não criar novos centros de produção.

Cada APL se tornaria a base para distribuição de um determinado tipo de RM, analisado e caracterizado de acordo com as quantidades de macro e micronutrientes presentes nele.

Sendo assim, seria possível, através da análise de solo da propriedade compradora do RM, verificar a quantidade necessária de cada RM de cada APL mais próximo. Esta proximidade é de extrema importância no conceito de APL, de modo que as grandes quantidades a serem aplicadas no solo não seriam inviabilizadas pelo custo do transporte.

Em comparação ao custo dos fertilizantes químicos solúveis utilizados e já discutidos anteriormente, o custo de mercado da tonelada do RM de Geobásio é de 110,00 reais e o frete da tonelada é, aproximadamente, de 0,25 reais por quilometro rodado.

Outro fator favorável à utilização de RM na agricultura é a alta diversidade pedológica do estado de São Paulo e o grande número de mineradoras e pedreiras já instaladas. Estas mineradoras permitem que sejam criados diversos focos de comercialização de diferentes tipos de RM em distâncias relativamente pequenas, evitando o gasto com transporte já que as quantidades a serem aplicadas no solo são muito maiores quando comparadas à aplicação de fertilizantes químico solúveis.

No Brasil existem inúmeras associações e institutos que representam mineradoras, empresas de concretagem e construção civil, dentre elas ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil,

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem, IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração, entre outras.

De acordo com o AMB – Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2006a), das 530 minas catalogadas no Estado, 65% correspondem a pequenas minas e 31% a minerações de médio porte, sendo que o AMB não considera os empreendimentos com escala de produção declarada inferior a 10.000 t/ano.

Nas Tabelas 5 e 6 adaptadas por Cabral Junior (2008), observamos a quantidade de pedreiras e mineradoras catalogadas pelo DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral e, que na lógica dos APL, se tornariam centro de distribuição de RM.

TABELA 3. Comparativo do porte das minerações.

Quantidade de Minas BR - Sudeste - SP: 2005					
	Grande	Média	Pequena	TOTAL	
				Qt.	%/BR
BRASIL	108	563	1784	2455	100
SUDESTE	68	299	756	1123	46
SP	14	169	347	530	22

Nos dados disponibilizados pelo DNPM, seguidos os seguintes critérios para classificação do tamanho da produção da mina (quantidade ROM- *run of mine*) e da quantidade processada nas usinas:

Grande: 1.000.000 < produção t/ano

Média: 1.000.000 > produção t/ano > 100.000

Pequena: 100.000 > produção t/ano > 10.000

(não são consideradas unidades com produção abaixo de 10.000 t/ano)

Fonte: elaborado a partir de informações do AMB – DNPM (2006a)

TABELA 4. Comparativo do porte das usinas de beneficiamento.

Quantidade de Usinas BR - Sudeste - SP: 2005					
	Grande	Média	Pequena	TOTAL	
				Qt.	%/BR
BRASIL	211	664	439	1314	100
SUDESTE	137	298	171	606	46
SP	58	142	80	280	21

Fonte: elaborado a partir de informações do AMB – DNPM (2006a).

Tabelas 5 e 6. Classificação das mineradoras do Estado de São Paulo - adaptada por Cabral Junior (2008) a partir do AMB - DNPM (2006).

O uso de RM na agricultura já é utilizado em produtos mais difundidos como o calcário ou com pó de basalto em agricultura orgânica. Os questionamentos de produtores são muitos e esta pesquisa procura colaborar no esclarecimento de alguns deles.

Para tanto, neste trabalho a autora discute sobre a estimativa da quantidade de RM que se teria que aplicar quando comparado aos fertilizantes químicos solúveis, e tece considerações projetando taxas de solubilização do RM, e finalmente comenta superficialmente sobre os custos envolvidos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Os solos da área de estudo

O trabalho foi realizado empregando como ponto central a Pedreira Cavinatto S.A., fonte do RM, situada na Rodovia Anhanguera, km 141, Limeira/SP, (22° 36' 32,5" S; 47° 21' 39,4" W).

Foi traçada uma circunferência de raio de 100 km a partir do ponto central para delimitar a área de estudo de viabilidade do uso do RM nesta região. A área onde está instalado o experimento (ver adiante) fica inclusa dentro desta circunferência, na cidade de Pirassununga, situada no Quadrante Noroeste (NO).

Esta circunferência foi dividida em quatro quadrantes, denominados Quadrantes Noroeste (NO), Sudeste (SE), Nordeste (NE) e Sudoeste (SO).

A circunferência foi levemente deslocada para Oeste, de modo que a área circunscrita ficasse contida dentro do Estado de São Paulo. Este procedimento foi necessário para se utilizar o Levantamento de Solos do Estado de São Paulo, Boletim 12 – SNPA, 1960, atualizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (BERTOLDO & LEPSCH, 1999).

Após a delimitação da área, os índices de fertilidade publicados no Boletim 12 foram copiados para planilhas eletrônicas. No caso de municípios que ficaram englobados menos de 100% de sua área dentro da circunferência de estudo, foi considerado o município por completo, o que gerou uma área de estudo maior do que a área do círculo de 100 km de raio (área de 3.141.592 hectares).

Devido ao Levantamento de Solos do Estado de São Paulo, Boletim 12 – SNPA ser de 1960, a classificação dos solos encontra-se no sistema antigo. Para isso, a Tabela 7 representa a legenda dos solos utilizados no estudo e sua aproximação com o sistema atual.

Tabela 7. Legenda para os solos utilizados no estudo.

SÍMBOLO	CLASSIFICAÇÃO 1960	PROVAVEL CLASSIFICAÇÃO SiBCS 2013
PV	Podzólico Vermelho Amarelo Orto	Argissolo Vermelho
PVp	Podzólico Vermelho Amarelo variação Piracicaba	Argissolo Vermelho
PVls	Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras	Argissolo Vermelho
PVL	Podzólico Vermelho Amarelo "integrate" para Latosol Vermelho Amarelo	Argissolo Vermelho com Latossolo
Pc	Solos Podzolizados com Cascalhos	Argissolo
Pln	Solos Podzolizados variação Lins	Argissolo
Pml	Solos Podzolizados variação Marília	Argissolo
M	Mediterrânico Vermelho Amarelo	Chernossolo
TE	Terra Roxa Estruturada	Nitossolo
LR	Terra Roxa Legítima (Latosol Roxo)	Latossolo
LE	Latosol Vermelho Escuro Orto	Latossolo
LEa	Latosol Vermelho Escuro fase Arenosa	Latossolo
LV	Latosol Vermelho Amarelo Orto	Latossolo Vermelho
LVr	Latosol Vermelho Amarelo fase rasa	Latossolo Vermelho
LVa	Latosol Vermelho Amarelo fase arenosa	Latossolo Vermelho Alumínico
LVt	Latosol Vermelho Amarelo fase tarraço	Latossolo Vermelho Argilúvico
LVP	Latosol Vermelho Amarelo "integrate" para Podzólico Vermelho Amarelo	Latossolo Vermelho com Argissolo
LH	Latosol Vermelho Amarelo Húmico	Latossolo Húmico
LJ	Solos de Campos do Jordão	Latossolo
HI	Solos Hidromórficos	Vertissolo/Planossolo/Plintossolo
PH	Podzol Hidromórfico	Espodossolo
O	Solos Orgânicos	Organossolo
A	Solos Aluviais	Neossolos
Li-b	Litosol fase substrato basáltico	Neossolos
Li-gr	Litosol fase substrato granito-gnaiss	Neossolos
Li-fi	Litosol fase substratofilito-xisto	Neossolos

Li-ac	Litosol fase substrato arenito calcário	Neossolos
Li-ag	Litosol fase substrato folhelho-argilito	Neossolos
R	Regosol	Neossolos

4.2 Características do Remineralizador.

A mineralogia do RM foi determinada por difratometria de raios-X (DRX), em um sistema RIGAKUMINIFLEX II utilizando radiação de $\text{CuK}\alpha$, com as amostras montadas em pó.

A composição química total do RM foi realizada por Fluorescência de Raio-X (FRX), nos laboratórios do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, de acordo com a metodologia descrita em Mori et al. (1999), sem repetição.

A distribuição de tamanho de partículas foi realizada por peneiramento a seco em um conjunto de 5 peneiras, com 6 repetições, de acordo com a Tabela 8.

Tabela 8. Denominações das frações granulométricas segundo seus diâmetros com subdivisões da fração areia* - Embrapa, 2012.

Classificação	Classe de tamanho (mm)
Cascalho	20 - 2.0
Areia muito grossa (AMG)	2.0 a 1.0
Areia grossa (AG)	1.0 a 0.50
Areia media (AM)	0.50 a 0.21
Areia Fina (AF)	0.21 a 0.10
Areia muito fina (AMF)	0.10 a 0.05
Silte	0.050 a 0.002
Argila	< 0.002

*Por diâmetro de partícula entende-se aqui o tamanho nominal de abertura correspondente à dimensão da peneira imediatamente superior pela qual a partícula passou, sendo retida na peneira imediatamente abaixo.

Além das análises químicas e físicas acima, realizou-se estudos para verificar a quantidade dos elementos Cálcio, Magnésio, Potássio e Fósforo no remineralizador e também, análise comparativa entre fertilizantes comercial (químico solúvel) e o RM estudado.

4.3 O modelo para consumo e dissolução do remineralizador.

4.3.1 Necessidade de Calcário (NC)

A necessidade de calagem (NC) foi calculada assumindo-se uma PRNT de 67% (valor médio, Boletim Técnico 100), elevação da saturação em bases até 70% no horizonte A. Os cálculos foram executados de acordo com o Boletim 100 do IAC (1997) para a cultura do milho, de acordo com a fórmula abaixo, em que “f” refere-se ao fator de correção do PRNT que, neste estudo, foi considerado 1,428, e como dito anteriormente, V_1 é dado na análise do solo, V_2 a saturação desejada e T a CTC potencial (medida em pH 7).

$$NC = \frac{(V_2\% - V_1\%) \cdot f \cdot T}{100}$$

A cultura do milho foi escolhida devido ao experimento de campo na cidade de Pirassununga - SP (ver à frente) e pela expressão da cultura na produção de grãos no Brasil e no Estado de São Paulo.

Para o cálculo da Necessidade de Calagem - NC foi usada a área dos solos com maior distribuição em cada quadrante, isto explica a diferença entre a área total mapeada e a área total de cada quadrante exposta na seção Resultados e Discussões, Tabela 11 e 17, respectivamente.

Após realizar o cálculo da NC para área total de cada solo por quadrante, realizou-se um estudo comparando os dados obtidos com dados contidos na literatura para o consumo de calcário.

A NC foi estimada pois trata-se de um processo de remineralização, e por isto torna-se uma referência interessante para comparação com o RM. Além disto, é possível comparar a quantidade necessária com a quantidade realmente comercializada/aplicada, utilizando-se os resultados reportados no boletim do Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola do Estado de São Paulo (Sindical).

Porém, há que se considerar dois fatores de desvio, pelo menos:

1. O consumo de calcário no estado de São Paulo não supre a necessidade de calcário dos solos; e

Os índices de fertilidade utilizados na estimativa referem-se a solos predominantemente em seu estado natural, coletados no final da década de 1950 (já que o Boletim 12 foi publicado em 1960).

4.3.2 Necessidade de fertilizante químico solúvel para raio de 100 km

Inicialmente realizou-se a classificação do teor de K e P para cada tipo de solo, de acordo com as análises disponíveis no Levantamento de Solos do Estado de São Paulo, Boletim 12 – SNPA ser de 1960.

Após a classificação, realizou-se o cálculo de adubação de P e K para a cultura do milho para grãos e silagem de acordo com o Boletim Técnico 100 – IAC (1997) estimando produtividade média de 8 a 10 toneladas por hectare.

Com a recomendação de adubação com fertilizante químico solúvel (Tabela 18) foi possível iniciar os cálculos para a necessidade equivalente em RM.

Cenário 1. Taxa de solubilização de 100% do RM no período O cálculo de potencial de consumo de RM foi desenvolvido para a situação ideal de dissolução 100% do RM no período da cultura, o que não ocorre na prática.

Sendo assim, dividimos o estudo sobre modelo de dissolução do RM em duas partes. A primeira considera que o RM solubiliza 100%, como o que ocorre quando aplicado fertilizante inorgânico solúvel. A segunda parte do estudo calcula a dissolução

real do RM de acordo com os dados obtidos do experimento em campo. Com isso, é possível realizar o ajuste da necessidade.

Para efetuar os cálculos de conversão da necessidade de nutrientes químicos solúvel para a necessidade do mesmo para RM foi utilizado tabelas de conversão como mostrado na Tabela 9, de Fancelli (2000).

Tabela 9. Fatores de conversão para cálculo com fertilizantes e corretivos e para interpretação de análise de solo (Fancelli, 2000).

Fatores de conversão para resultados de análise de solo			Observação
P	1 ppm P	= 1 µg/g de P	2
		= 1 mg/kg de P	2
		= 2 kg/ha de P	2
		= 4,5 kg/ha de P ₂ O ₅	2
K	1 cmol _c /dm ³ K (=1 emg /100 cm ³)	= 391 ppm de K	1
		= 10 mmol _c K/dm ³	2
		= 782 kg/ha de K	2
		= 942 kg/ha de K ₂ O	2

- (1) Considerando densidade do solo de 1,0 g/cm³ (para obtenção do valor, multiplica-se o valor assinalado pela densidade do solo de interesse);
 (2) 2 Considerando a profundidade de 20 cm.

Sendo assim, com a recomendação de fertilizante químico solúvel verificada na Tabela 14 calculamos o equivalente de K₂O em K de fertilizantes solúvel e então seu equivalente em K do remineralizador.

Como dito, este cálculo assume que 100% dos elementos químicos presentes no remineralizador estão disponíveis para as plantas. Assim, foi estimada a quantidade média do remineralizador estudado para cada quadrante.

4.3.3 Cenário 2. Taxa de solubilização de 3% do RM no período. O Experimento em Pirassununga.

- O experimento em Pirassununga: tipo de solo, fertilidade e textura inicial, tratamentos.

O experimento em campo realizado na cidade de Pirassununga – SP por demais membros do Grupo de Pesquisa e Estudos em Mineralogia dos Solos – GPMSO, possibilitou avaliar a evolução da fertilidade e textura do solo após o uso do Remineralizador.

A área experimental, com cerca de 3.600m², foi dividida em 24 parcelas com cerca de 150 m² cada. Ao todo foram realizados 4 tratamentos, porém para este trabalho em questão foi analisado somente o tratamento G de 4 t.ha⁻¹, aplicadas no final de 2012, para avaliar o poder de dissolução do RM.

Antes de ser implantado o experimento, foram realizadas análises químicas de macro e micronutrientes e análise granulométrica nas frações areia, silte e argila.

Ao longo destes dois anos foram realizadas visitas mensais para acompanhamento e monitoramento do experimento por meio de análises de solo. As análises de solo foram realizadas na profundidade de 0-10 cm.

A aplicação do RM se deu em superfície, devido à prática do plantio direto no manejo do solo.

Com base nos dados deste experimento, foi estimada uma taxa (conservadora) de solubilização do RM de 3%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Área de estudo

A área de estudo se estende por aproximadamente 31.000 km², e em 1960 abrangia 99 municípios (SNPA, 1960), dos quais 74 (Tabela 10) possuem análises de solo e constituem este trabalho.

O centro dos quadrantes foi alocado na fonte do RM, em Limeira – SP (Figura 2), mas com a necessidade de deslocamento da circunferência para oeste (ver Materiais e Métodos), a área dos quadrantes tornou-se desigual (Tabela 11).

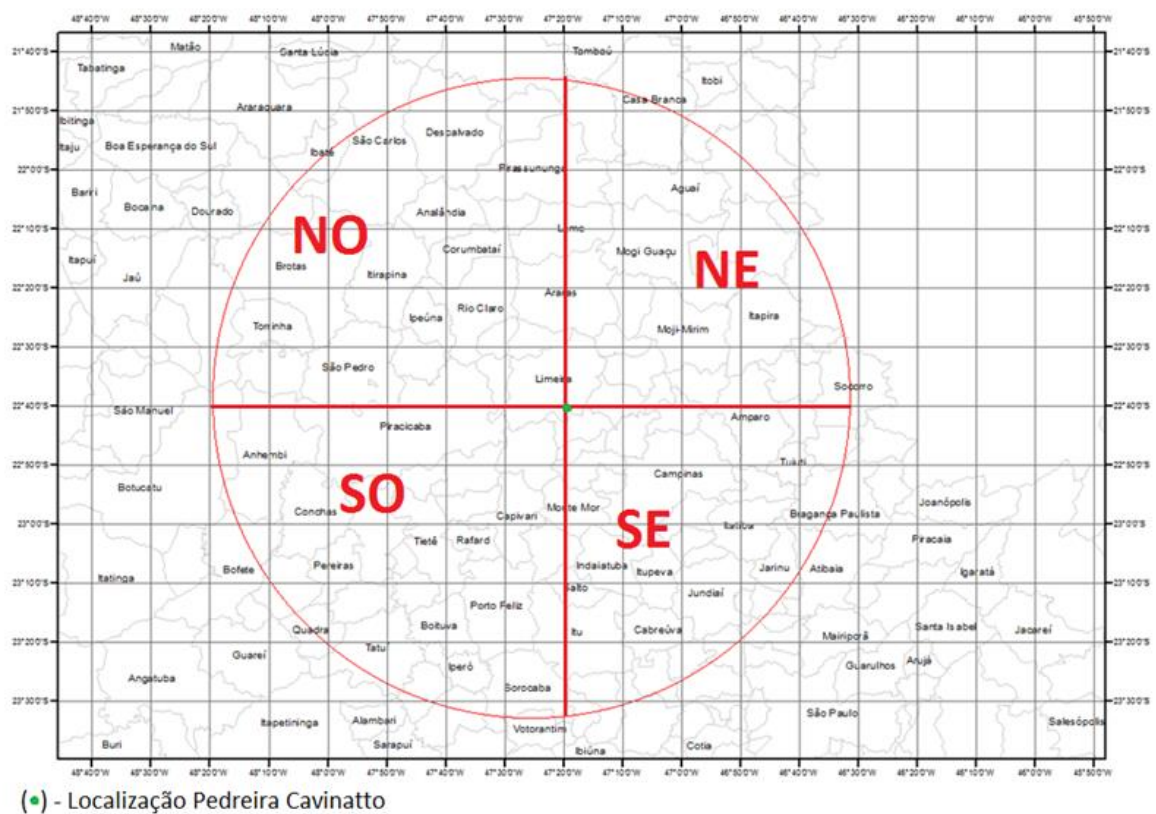


Figura 2. Mapa indicando a localização da Pedreira Cavinatto e os quadrantes utilizados no estudo.

Tabela 10. Área mapeada em cada município, na região estudada (SNPA, 1960).

Quadrante	Municípios	Área Mapeada - km ²
NO	Analândia	326,8
	Araras	662
	Brotas	1056,5
	Charqueada	176,5
	Cordeirópolis	125,6
	Corumbataí	125,6
	Descalvado	727,9
	Iracemápolis	110,6
	Itirapina	565,8
	Leme	403
	Limeira	641,7
	Pirassununga	713,3
	Porto Ferreira	245,9
	Rio Claro	713,9
	Santa Gertrudes	103,8
	São Carlos	1119,8
	São Pedro	877,6
	Sta Cruz da Conceição	139,3
	Torrinha	328,5
NE	Aguai	458,9
	Águas de Lindóia	79,9
	Artur Nogueira	308,8
	Casa Branca	955,5
	Conchal	195
	Cosmópolis	176,8
	Espírito Santo do Pinhal	385,6
	Itapira	522,1
	Mogi Guaçu	900,2
	Mogi Mirim	462,7
	Monte Alegre do Sul	111,6
	Santa Cruz das Palmeiras	320,3
	Santo Antonio da Posse	140,5
	Santo Antonio do Jardim	105,1
	São João da Boa Vista	501,4
	Serra Negra	203,5
	Socorro	459,1
	Vargem Grande do Sul	254
SO	Americana	210,5
	Anhembi	705,8
	Boituva	286,4

	Capivari	645,4
	Cerquillo	181,6
	Conchas	454,4
	Elias Fausto	199,1
	Itu	645,8
	Laranjal Paulista	385,7
	Monte Mor	231,8
	Pereiras	232,2
	Piracicaba	1395,3
	Porto Feliz	557,8
	Rio das Pedras	222,7
	Salto	166,9
	Santa Bárbara do Oeste	265,5
	Sorocaba	633
	Sumaré	203,9
	Tatuí	897
	Tietê	424,9
SE	Amparo	443,5
	Atibaia	491,6
	Bragança Paulista	1048,5
	Cabreúva	254,5
	Campinas	979,7
	Indaituba	389,7
	Itatiba	457,8
	Jaguariúna	111
	Jarinu	195,4
	Joanópolis	373,7
	Jundiaí	756,8
	Monte Alegre do Sul	111,6
	Nazaré Paulista	447,6
	Pedreira	112
	Piracaia	399,4
	Valinhos	141,7
	Vinhedo	132,2

Tabela 11. Área mapeada em cada quadrante (SNPA, 1960).

QUADRANTE	Área mapeada de solos - ha
Noroeste - NO	916.410,00
Nordeste - NE	654.100,00
Sudoeste - SO	894.570,00
Sudeste - SE	684.670,00
Total	3.149.750,00

A área total mapeada (3.149.750 ha, Tabela 11) foi um pouco maior que a área da circunferência (3.141.592 ha) porque foi incluída a área total de municípios que possuem apenas parte de sua área dentro da circunferência de estudo. Além disto, as áreas não mapeadas (lagos, rios, afloramentos de rocha, áreas urbanas, estradas, etc.) dentro de cada quadrante variam.

5.2 Difratometria de Raios X – DRX

Os principais minerais identificados foram albita, ortoclásio, anortita, quartzo, albita, diopsídio, apatita, piroxênio, ilmenita e magnetita (Figura 3). Estes minerais estão de acordo com aqueles também identificados por FARIA (2008) em seu estudo da diferenciação magmática do sill de Limeira, local de onde o RM é extraído.

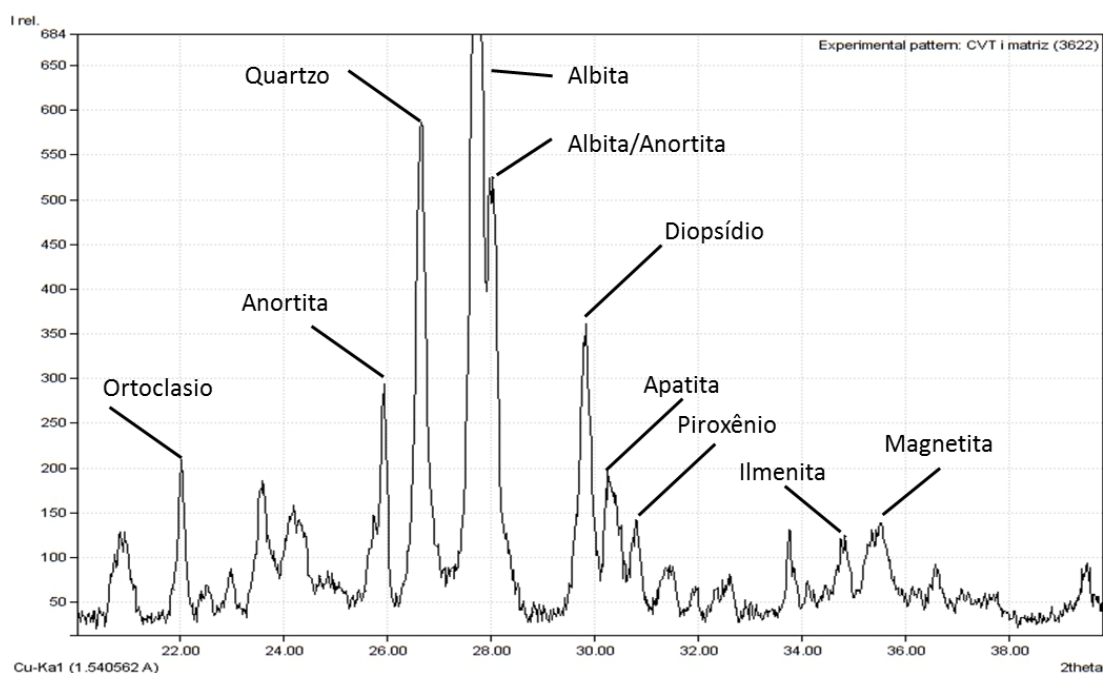


Figura 3. Difratoograma de raios X do remineralizador.

5.3 Fluorescência de Raios X – FRX

A composição química total do RM (Tabela 12) mostra a predominância de silício, ferro e alumínio na sua composição. A rigor, as rochas básicas como o diabásio possuem o limite máximo de acidez (teor de SiO_2) de 52 % (Wernick, 2003). O valor de 55.11% de SiO_2 na amostra se deve ao fato de que o sill possui volumes mais ácidos, conforme reporta FARIA (2008), com presença de riolitos, monzodioritos e quartzo-monzodioritos. Na produção do RM, é bem provável que estes materiais se misturem gerando os valores finais do RM um pouco mais ácidos.

Tabela 12. Fluorescência de raios X - FRX do remineralizador.

Elemento	Remineralizador
SiO_2	55,11
TiO_2	2,09
Al_2O_3	12,29
Fe_2O_3	14,34
MnO	0,23
MgO	1,68
CaO	5,48
Na_2O	3,33
K_2O	2,56
P_2O_5	0,76
Loi	1,02
Total	98,88

No entanto, os valores reportados na literatura (Tabela 13) para o conteúdo de SiO₂ em basaltos/diabásios é bem próximo aos da Tabela 12, permitindo manter a denominação do RM como diabásio, por simplicidade.

Tabela 13. Dados relativos a basaltos e diabásios no estado de São Paulo.

	Piccirillo & Melfi (1988)	Machado (2007)		Squisato (2009)	
	S. C. do Rio Pardo	Iracemápolis	Campinas	Jaú	Ribeirão Preto
SiO₂	51,60	50,32	50,29	50,53	51,62
TiO₂	2,64	3,75	3,95	3,72	3,48
Al₂O₃	13,78	13,17	12,88	12,87	13,26
Fe₂	11,49	15,02	1582	5,16	14,35
MnO	0,17	0,14	0,13	0,21	0,21
MgO	4,50	4,08	4,19	4,42	4,21
CaO	8,23	8,14	7,97	8,45	8,14
Na₂O	3,02	2,79	2,89	2,44	2,54
K₂O	1,71	1,57	1,71	1,45	1,60
P₂O₅	0,79	0,54	0,68	0,44	0,42
Total	99,07	100,00	100,65	100,32	100,8

Compilado por H.B. Dias; ¹ Dados obtidos por fluorescência de raios-x

5.4 Composição granulométrica

Conforme verificado na Tabela 14, mais de 50% da massa do RM encontra-se na fração areia muito grossa a grossa (2.0 a 0.50 mm), e 36%, aproximadamente, nas frações areia média e fina (0.50 a 0.10 mm).

Tabela 14. Fracionamento granulométrico do material utilizado como remineralizador (N=6).

Classe de tamanho (mm)	Total (%)
Cascalho - 20 a 2,0	1,57
Areia muito grossa (AMG) - 2,0 a 1,0	22,4
Areia grossa (AG) - 1,0 a 0,50	29,98
Areia média (AM) - 0,50 a 0,21	19,89
Areia Fina (AF) - 0,21 a 0,10	16,22
Areia muito fina (AMF) - 0,10 a 0,05	7,02
< 0,050 (Silte +argila)	2,94
Total	100

Sendo assim, 72.27 % do material está concentrado em partículas com tamanho no intervalo 2.0 a 0.21 mm (areia muito grossa a areia média). O papel das classes de tamanho no uso do RM é bastante importante, pois as frações mais finas possuem maior área superficial específica (ASE) e devem, em princípio, reagir mais rápido, enquanto as frações mais grosseiras respondem pelo poder residual da remineralização. Além disto, a prática de campo tem demonstrado que materiais com dominância de frações muito finas apresentam problemas relacionados às tecnologias de aplicação mecanizadas, gerando heterogeneidade na distribuição e deriva.

5.5 Química do Remineralizador

O aporte de elementos químicos no solo pela aplicação do RM foi estimado com base na análise química total (FRX) e pode ser visualizado na Tabela 15. Ressalta-se que estes valores são totais, e, portanto, superestimam os valores que estariam disponíveis prontamente para as plantas. Por esta razão, dois cenários extremos são apresentados: um primeiro em que é considerado a dissolução total do RM; e um segundo onde é considerado o aporte com base na taxa de dissolução estimada pelos resultados do experimento realizado em Pirassununga – SP, que se constitui em um intervalo considerado bastante curto para a dissolução do remineralizador.

Tabela 15. Estimativa de aporte de elementos químicos totais ao solo pela aplicação de 1 Mg de remineralizador.

Elementos totais	Quantidade (kg)
Ca	39,17
K	21,25
Mg	10,13
P	3,30

5.6 Análises comparativas entre remineralizador (RM) e fertilizante inorgânico de grande solubilidade(FIGS)

A Tabela 16 ilustra a composição química total do RM em comparação com a composição química total de FIGS e corretivos, com base na legislação em vigor. Novamente, é preciso ter em mente que estes são teores totais. A questão da solubilidade é fundamental na disponibilidade de nutrientes para as plantas. A legislação atual não prevê limites mínimos ou máximos para composição química ou solubilidade dos RM.

Tabela 16. Comparação entre RM e FIGS.

Nutrientes	FIGS E OUTROS INSUMOS			RM de Diabásio	
	Tipo	Garantia Mínima ¹	Nutriente (g/kg)	Óxido (FRX ³)	Nutriente (g/kg)
MACRO -					
Cálcio (Ca)	Calcário Calcítico	32% de CaO	320	5,48% de CaO	89,8
Magnésio (Mg)	Calcário Dolomítico	3% MgO	30	1,68% MgO	50,5
Potássio (K)	Cloreto de Potássio	58% de K ₂ O	580	2,56% de K ₂ O	7,1
Fósforo (P)	Fosfatados	24% a 48% de P ₂ O ₅	240 a 480	0,756% de P ₂ O ₅	2,28
MICRO -					
Ferro (Fe)	Sulfato Férrico	23% de Fe	230	14,34% de Fe ₂ O ₃	105,2
Manganês (Mn)	Sulfato de Manganês	26% de Mn	260	0,231% de Mn	1,7
Cobre (Cu)	Sulfato de Cobre	24% de Cu	240	0,239% de Cu ₂ O	2,1
Zinco (Zn)	Sulfato de Zinco	20% de Zn	200	0,112% de ZnO	1
Níquel (Ni)	Sulfato de Níquel	19% de Ni	190	0,045% de NiO	0,3
Cloro (Cl)	Clareto de Potássio	45% de Cl	450	0,05% de Cl*	0,5
Sódio (Na) ²	Salite Potássico	12% de Na	120	3,33% de Na ₂ O	17,5
Cobalto (Co) ²	Sulfato de Cobalto	20% de Co	200	0,041% de Co ₃ O ₄	0,3
Silício (Si) ²	Silicato de Cálcio	20% de SiO ₂	200	51,55% de SiO ₂	505,2

¹ previsto por lei (CFIC - MAPA); ² elementos benéficos; ³ fluorescência de raios-x; * valor relativo ao total do elemento

5.7 Modelo para consumo do RM

5.7.1 Estimativa da Necessidade de Calagem como teste para o modelo de potencial de consumo de remineralizador

Considerando a calagem como uma remineralização do solo, utilizamos o cálculo para Necessidade de Calagem como elemento de comparação para as estimativas de necessidade de RM.

A necessidade de calagem (Tabela 17) é maior no Quadrante Sudoeste – SE e, considerando-se sua área total menor, indica solos com maior teor de acidez e menor saturação de bases.

Tabela 17. Área de cada quadrante e sua necessidade de Calcário para área total e por hectare.

Quadrante	Solo	Área (ha)	NC total para o solo (Mg)	NC (Mg/ha)
SO	PVp	65.800,00	605.649,68	9,20
	PVls	359.700,00	847.790,95	2,36
	LR	68.200,00	180.792,84	2,65
	LE	128.500,00	503.415,75	3,92
	RPV.RLV	109.700,00	56.795,60	0,52
	Pml	19.800,00	-	-
	Li-ag	25.000,00	-	-
	Pc	33.600,00	7.870,17	0,23
	ÁREATOTAL	810.300,00	2.202.315,00	
SE	PV	161.600,00	774.175,52	4,79
	Pc	77.200,00	52.689,97	0,68
	LV	187.200,00	745.676,90	3,98
	LVr	100.000,00	1.293.001,16	12,93
	Li-gr	30.100,00	161.328,63	5,36
	ÁREATOTAL	556.100,00	3.026.872,19	
NO	PVls	132.400,00	104.489,88	0,79
	LR	198.500,00	526.207,89	2,65
	LE	121.600,00	686.938,83	5,65
	Lva	248.600,00	812.522,28	3,27
	R	29.700,00	42.959,13	1,45
	RPV.RLV	66.500,00	99.383,43	1,49
	ÁREATOTAL	797.300,00	2.272.501,44	
NE	PV	161.000,00	219.978,85	1,37
	LR	156.400,00	822.209,86	5,26
	LV	87.100,00	759.342,52	8,72
	Lva	149.600,00	488.951,46	3,27
	LE	26.700,00	209.012,07	7,83
	Pc	20.500,00	49.944,37	2,44
	ÁREATOTAL	601.300,00	2.549.439,14	
Necessidade de Calagem para área total mapeada - Mg			10.051.127,77	

A necessidade de calagem para a correção de todos os solos da região, considerando sua situação em 1960 (ano de publicação do Levantamento de Solos utilizado) é de 10.051.127,77 Mg.

5.7.2 Necessidade de FIGS para raio de 100 km

A recomendação de adubação com base nas análises químicas apresentadas no Levantamento de Solos do Estado de São Paulo, Boletim 12 – (SNPA, 1960), calculada através da metodologia descrita no Boletim 100 do IAC, é apresentada na Tabela 18.

Tabela 18. Recomendação de adubação com fertilizante solúvel para área estudada.

Solo	Área (ha)	Teor de acordo com análise		Recomendação - Boletim 100		Necessidade para área total		Necessidade por ha	
		K ⁺ (mmol .dm ⁻³)	P ₂ O ₅ (mg.d m ⁻³)	K ₂ O (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (Mg)	P ₂ O ₅ (Mg)	K ₂ O - Mg/ha	P ₂ O ₅ - Mg/ha
PVp	65.800,00	4,7	10	60	90	3.948,00	5.922,00	0,06	0,09
PVls	359.700,00	1,95	10	70	90	25.179,00	32.373,00	0,07	0,09
LR	68.200,00	1,05	10,5	110	90	7.502,00	6.138,00	0,11	0,09
LE	128.500,00	4,9	10	60	90	7.710,00	11.565,00	0,06	0,09
RPV.R	109.700,00	0,6	10	140	90	15.358,00	9.873,00	0,14	0,09
LV									
Pml	19.800,00	0,35	20	140	60	2.772,00	1.188,00	0,14	0,06
Li-ag	25.000,00	6	1	60	90	1.500,00	2.250,00	0,06	0,09
Pc	33.600,00	2,15	1	70	90	2.352,00	3.024,00	0,07	0,09
TOTAL	810.300,00					66.321,00	72.333,00	0,082	0,089
PV	161.600,00	0,8	12,5	110	90	17.776,00	14.544,00	0,11	0,09
Pc	77.200,00	1,2	13	110	90	8.492,00	6.948,00	0,11	0,09
LV	187.200,00	3,6	12	60	90	11.232,00	16.848,00	0,06	0,09
LVr	100.000,00	0,9	17	110	60	11.000,00	6.000,00	0,11	0,06
Li-gr	30.100,00	7,8	10	60	90	1.806,00	2.709,00	0,06	0,09
TOTAL	556.100,00					50.306,00	47.049,00	0,090	0,085
PVls	132.400,00	0,3	10	140	90	18.536,00	11.916,00	0,14	0,09
LR	198.500,00	1,05	10,5	110	90	21.835,00	17.865,00	0,11	0,09
LE	121.600,00	7,7	10	60	90	7.296,00	10.944,00	0,06	0,09
Lva	248.600,00	-	10	-	90	-	22.374,00	-	0,09
R	29.700,00	0,2	17	140	60	4.158,00	1.782,00	0,14	0,06
RPV.R	66.500,00	-	10	-		-	-	-	0
LV									
TOTAL	797.300,00					51.825,00	64.881,00	0,065	0,081
PV	161.000,00	1,45	11	110	90	17.710,00	14.490,00	0,11	0,09
LR	156.400,00	0,8	12	110	90	17.204,00	14.076,00	0,11	0,09
LV	87.100,00	2,7	20	70	60	6.097,00	5.226,00	0,07	0,06
Lva	149.600,00	-	<10	-	90	-	13.464,00	-	0,09
LE	26.700,00	5,5	16	60	60	1.602,00	1.602,00	0,06	0,06
Pc	20.500,00	1,2	13	110	90	2.255,00	1.845,00	0,11	0,09
TOTAL	601.300,00					44.868,00	50.703,00	0,075	0,084

Pela Tabela 18, observamos que a quantidade necessária de potássio para área estudada não variou expressivamente, porém o quadrante com maior necessidade é o

Sudoeste – SO, seguido por Noroeste – NO, Sudeste – SE e Nordeste –NE, em ordem decrescente.

A necessidade de fósforo também é superior no Quadrante SO, seguido por NO, NE e SE, em ordem decrescente.

Para a necessidade de nutrientes, a ordem de grandeza de sua necessidade está ligada ao fato da área total dos quadrantes SO e NO, que são as maiores quando comparadas a demais. Quando analisamos os teores de P e K, os quadrantes NO e NE possuem maior necessidade de P e os quadrantes SO e SE possuem menores teores dos elementos de acordo com análise de solo.

5.7.3 Cenário 1. Necessidade de RM considerando taxa de dissolução 100%no período.

Com os valores de K e P de FIGS e a interpretação de dados de FRX e DRX, gerando a Tabela 19, foi possível calcular o equivalente em remineralizador.

Tabela 19. Massa do elemento em quilos referente a aplicação de um Mg do RM estudado.

Elemento	Quantia no RM - kg
K	21,25
P	3,30

A necessidade de RM observada na Tabela 20 confirma a ordem de grandeza de consumo esperada no modelo comparativo com a Necessidade de Calcário.

Tabela 20. Quantidade de FIGS necessário para cada quadrante e seu equivalente em RM

	Fertilizante Solúvel (Mg)		RM (Mg)		Fertilizante Solúvel (Mg ha⁻¹)		RM (Mg ha⁻¹)	
	K	P	K	P	K	P	K	P
SO	55.046,43	31.609,52	2.590.420,24	9.578.642,73	0,068	0,039	3,20	11,82
NO	43.014,75	30.968,44	2.024.223,53	9.384.376,36	0,054	0,039	2,54	11,77
SE	41.753,98	20.560,41	1.964.893,18	6.230.428,18	0,075	0,037	3,53	11,20
NE	37.240,44	22.157,21	1.752.491,29	6.714.306,36	0,062	0,037	2,91	11,17
Total	177.055,60	105.295,59	8.332.028,24	31.907.753,64	0,06	0,03	2,64	10,13

De acordo com estas estimativas, os quadrantes SO e NO são os que mais necessitam de K e de P. O fato de o quadrante SO e NO ter apresentado necessidade maior que os demais se deve, provavelmente, a maior área mapeada.

Dessa forma, conclui-se que o RM tem potencial de consumo na agricultura. Este trabalho é o início e uma proposta de modelo para recomendação de adubação com RM.

Esta comparação permite observar que, considerando-se APENAS o primeiro cultivo de milho, a quantidade de remineralizador a ser aplicado é 47 vezes maior para o K e 300 vezes para o P. A maior dificuldade é estimar a taxa de dissolução real do remineralizador para poder ajustar o consumo e aplicação do RM ao solo por ano.

Este exercício é feito no cenário seguinte. Fica evidente que o uso do RM deve considerar as particularidades do solo e do sistema de produção caso a caso, já que a mesma filosofia e métodos utilizados para os FIGS não é compatível.

5.7.4 Cenário 2.Necessidade de RM considerando taxa de dissolução 3% no período.

Neste cenário, os valores dos elementos disponíveis são ajustados em função da taxa de intemperismo estimada com base no experimento de Pirassununga.

Neste experimento, 4 toneladas de RM foram aplicadas na superfície do solo, em sistema de plantio direto tendo como cultura principal o milho. Os valores apresentados aqui se referem ao primeiro ciclo do milho, de aproximadamente 6 meses.

A aplicação foi realizada em 6 de outubro de 2012, o plantio em 27 de novembro de 2012 e a colheita em 19 de abril de 2013.

Realizou-se análise química total do solo no início do experimento e outra no final, após a colheita.

Dentre os vários elementos determinados, o silício é o que ocorre, de longe, em maior quantidade que os outros, e foi utilizado como índice aproximado da taxa de dissolução do RM. A estimativa foi simplificada ao máximo, e considera a variação nos

teores totais de silício no solo no intervalo aproximado de 6 meses. Em uma perspectiva de balanço de massa, esta diferença totaliza as entradas (remineralizador) e as saídas (lixiviação, absorção, erosão) de silício no volume de controle. O silício é um elemento com solubilidade/mobilidade intermediária entre as bases solúveis (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+}) e os elementos pouco solúveis (Al^{+3} e Fe^{+3}). Sendo o milho uma gramínea, realiza absorção considerável de silício, no entanto, uma vez que o estudo envolveu apenas um ciclo da cultura, considerou-se o *pool* de silício no solo estabilizado, desconsiderando-se a biociclagem deste elemento. Esta estimativa é conservadora porque:

1. Considera a dissolução do RM como congruente, quando deve prevalecer a dissolução incongruente. Isto significa que a solubilização dos elementos do RM não ocorre na mesma proporção estequiométrica das fórmulas dos minerais. Nos silicatos, geralmente, há uma liberação proporcionalmente maior das bases em relação ao silício. No modelo utilizado (dissolução congruente) considera-se a liberação na mesma (e não maior) proporção que os outros elementos;

2. Considera o Si que saiu do volume de controle (0-10 cm de profundidade), portanto o Si que foi dissolvido, mas ainda se encontra no volume de controle (inclusive o absorvido pelas raízes no volume de controle), isto é, que não foi lixiviado ou erodido, é contabilizado como ainda não dissolvido.

Isto posto, houve um decréscimo absoluto de 2.35% de SiO_2 total no solo, no período (de 83.15% de SiO_2 para 80.8 %). Portanto, houve uma dissolução de 2.83% da rocha ($2.35 \times 100 / 83.15$).

Como aproximação, utilizou-se o valor de 3% de dissolução para recalcular os valores da Tabela 21. Sendo assim, a Tabela 21 traz a massa necessária de RM necessária para atender a necessidade da cultura, para cada quadrante, e considerando a disponibilização de 3% do RM nos primeiros seis meses. Dados de literatura sugerem que a maior parte dos elementos dos RM se solubilizam ao longo de cinco anos após sua incorporação (Theodoro&Leonardos, 2006).

Tabela 21. Ajuste da taxa de aplicação de RM considerando dissolução de 3% de acordo com caso Pirassununga e comparação com a massa de fertilizante inorgânico solúvel.

Quadrante	FIGS (Mg ha ⁻¹)		RM Taxa 100% (Mg ha ⁻¹)		RM Taxa 3% (Mg ha ⁻¹)	
	K	P	K	P	K	P
SO	0.068	0.039	3.20	11.82	106.56	394.04
NO	0.054	0.039	2.54	11.77	84.63	392.34
SE	0.075	0.037	3.53	11.20	117.78	373.46
NE	0.062	0.037	2.91	11.17	97.15	372.21
Total	0.06	0.03	2.64	10.13	100.47	384.66

Dessa forma, comparando a massa de RM estimada no cenário 2 com os valores de aplicação de FIGS (Tabela 21) concluímos que os valores são incomparáveis. A média de aplicação de potássio tendo como fonte o RM é 1.600 vezes maior quando comparada ao fertilizante solúvel. Em relação ao fósforo, foi 10.000 vezes maior a quantidade necessária a ser aplicada de RM.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido estimou a capacidade do RM de diabásio como fonte de potássio e fósforo para uma cultura de ciclo curto. A quantidade de RM diabásio a ser aplicada quando comparada aos FIGS é muito desfavorável ao RM estudado. O RM de diabásio foi escolhido por ser bastante abundante no estado de São Paulo.

No entanto, é preciso considerar que o RM em estudo não é particularmente rico nos elementos estudados (K e P), e o cenário considerado foi de uma cultura de ciclo curto, que necessita de fontes muito solúveis de nutrientes. Fato que deve ser considerado nas próximas avaliações do solo e solubilização do RM.

Este contexto, bastante desfavorável ao RM, demonstra um “pior cenário” para o RM, no entanto é o que contempla o maior número de mineradoras da região. Para tanto, estudos mostram que o remineralizador não deve ser apenas intitulado como fonte de nutrientes, deve-se estudar as melhorias físicas que ocorrem no solo, principalmente os solos com algum estágio de degradação.

Além da carência de estudos em relação a alteração física do solo, o tempo necessário para a dissolução dos remineralizador limitou a comparação deste estudo com demais.

O modelo usado para estimativa da necessidade de RM mostrou-se da mesma ordem de grandeza da aplicação de calcário, quando considerada a dissolução 100% do remineralizador. O fato que deve ser considerado é que o RM estudado possui tempo de dissolução mais elevada que o calcário, o que elevou a ordem de grandeza quando considerada a ordem de dissolução do RM no curto período de tempo.

Os dados do experimento de campo em Pirassununga-SP sugerem que a dissolução do remineralizador foi de aproximadamente 3% nos primeiros 6 meses. Ao se ajustar a recomendação de RM para esta taxa de aplicação, os valores tornam-se extremamente maiores que o equivalente em FIGS, indicando, ainda mais, que não se devemos compará-los.

Há necessidade de desenvolver metodologias de recomendação de RM, sendo que provavelmente serão necessários estudos que estimem a taxa de dissolução de diferentes tipos de RM em sua região de aplicação, para se criar um modelo mais exato.

No entanto, ao se considerar os custos, o uso do RM pode ser interessante como forma de reduzir, embora certamente não eliminar, o uso de FIGS de K e P. Em 2015 o custo do cloreto de potássio estava em torno de R\$ 1500,00 a tonelada, o supersimples granulado, aproximadamente, R\$ 820,00, o supertriplo R\$ 1.300,00 e MAP e DAP, R\$ 1.560,00 e R\$ 1.570,00, respectivamente. O frete por tonelada é de aproximadamente de R\$ 0,25 por quilometro rodado. É possível que, projetando o custo da aplicação de uma dose razoavelmente grande de RM, da ordem de 10 a 15 toneladas por hectare a cada 5 anos, por exemplo, e considerando a taxa de dissolução em um prazo mais longo, a diminuição na necessidade de K e P resultante da dissolução do RM possa ser interessante economicamente.

O preço médio da tonelada de calcário, que de acordo com Scot Consultoria, de R\$ 50,00, aproximadamente, pode ser um bom ponto de partida para formação do preço do RM, considerando que a variedade de elementos químicos adicionados ao solo pelo RM é maior que aquela fornecida pelos insumos de alta solubilidade, isoladamente, e considerando apenas os elementos maiores, seriam necessários em torno de 10 diferentes FIGS para igualar a oferta do RM estudado. Além disto, alguns estudos anteriores sugerem que a taxa de dissolução dos RM tende a ser maior no segundo ano.

Enfim, a demonstração mais importante deste estudo é a de que é de extrema importância investir em estudos que avaliem a taxa de dissolução dos diferentes tipos de remineralizador, bem como sua composição mineralógica e química, antes de serem usados na agricultura.

7 BIBLIOGRAFIA

Agra, N. G.& Santos, R. F. **Agricultura brasileira: situação atual e perspectivas de desenvolvimento.** Anais do XXXIX Congresso da Sociedade brasileira de Economia e Sociologia Rural. 2001

ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. Boletim Técnico Número 4: USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES E CORRETIVOS AGRÍCOLAS ASPECTOS AGRONÔMICOS. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônômicas. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de São Paulo.** Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960. 634p. (SNPA, Boletim 12)

CABRAL JUNIOR, M. et al. **A mineração no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas e desafios para o aproveitamento dos recursos minerais.** *Geociências*, v.27, n.2, 2008.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. **Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 1389-1397, 2008.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. Custos de Produção - PGPAF - Agric. Familiar: SP – Custos PGPAF MAI 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1560&t=2>. Acesso em: 25 de abril de 2015.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. Insumos Agropecuários 2014. Disponível em: <http://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultaInsumo.do;jsessionid=25CE E3CB010249DBFDDC2E8A3C4702BC?method=acaoListarConsulta>. Acesso em: 25 de abril de 2015.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. Custos de Produção Agrícola: A metodologia da Conab. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/0086a569bafb14cebf87bd111936e115..pdf>. Acesso em: 25 de abril de 2015.

CPRM. GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE SÃO PAULO: PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/Geodiversidade_SP.pdf. Acesso em: Novembro de 2015.

DIAS, V. P.; FERNADES, E. **Fertilizantes: uma visão global sintética**. BNDES Setorial, n.24, p.97-138, set., 2006.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2006a. **Anuário Mineral Brasileiro 2006**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/anuario-mineral-brasileiro-2006>. Acessado: 21 de abril, 2015.

FARIA, C. A.; **Evolução Magmática do Sill de Limeira: Petrologia e Geoquímica**. 2008. 106p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

FERNANDES, J. L. R.. **As interfaces entre o Plano Diretor (PD) Municipal e o planejamento de Arranjo Produtivo Local (APL): o caso de Tambaú no Estado de São Paulo(2003-2008)**. 2008. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo.

IBGE. **Estimativas Populacionais 2015**. Disponível em: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=2972&busca=1&t=ibge-divulga-estimativas-populacionais-municipios-2015-atualizado-1800h-dia-28082015>. Acesso em: 30 de agosto de 2015.

INSTITUTO AGRONÔMICO. **Boletim Técnico 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, SP. 1997. PEDIR PARA PROF NUMERO DE PÁGINAS.

IPEVS. Brasil tem o equivalente a duas França em áreas degradadas, diz Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://ipevs.org.br/blog/?tag=areas-degradadas>. Acesso em: Novembro de 2014.

LEONARDOS, O. H.; KRONBERG, B.I.; FYFE, W.S. **Rochagem: método de aumento de fertilidade em solos lixiviados e arenosos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 19, 1976, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SBG, 1976, v. 1, p. 137-145.

LUTZENBERGER, J. A. **O absurdo da agricultura**. Estudos Avançados. vol.15, no.43. 2001.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Lei de Fertilizantes, Corretivos, Inoculantes, Estimulantes ou Biofertilizantes**. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229183>. Acesso em: 21 de abril, 2015.

MORI, P. E.; REEVES, S.; CORREIA, C. T.; HAUKKA, M. **Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, University of São Paulo**. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, p. 441-446, 1999.

REIS, R. P.. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2007.

SILVA, D. R. G.. **Caracterização e avaliação agronômica de rochas silicáticas com potencial de uso como fontes alternativas de nutrientes e corretivos da acidez do solo**. 2012. 173 p., il. Tese (Doutorado em Agronomia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SOARES, L. & MENDES, K. da S. **O aproveitamento de finos de pedreiras**. *Revista Brasil Mineral*, n. 179, 1999.

SOUZA, Joselito Novaes de; RODRIGUES, John Kennedy Guedes; SOUZA NETO, Pedro Nogueira de. **Utilização do Resíduo Proveniente da Serragem de**

Rochas Graníticas como Material de Enchimento em Concretos Asfálticos Usinados a Quente, 2004.

THEODORO, S. de C. H. **A fertilização da terra pela terra**: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural. 2000. 225 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; ALMEIDA, E. **Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, I., 2010, Brasília, **Anais...** Planaltina: EMRAPA Cerrados, 2010. p. 173-181.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. **Sustainable faremineralizadoring with native rocks: the transition without revolution**. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, p. 715 – 720, 2006.

UFNPA. **Relatório sobre a situação da população mundial 2010: Do conflito e crise à renovação: gerações da mudança**. Disponível em: <http://www.unfpa.org.br/Arquivos/swop2010.pdf>; página 105. Acesso em: 21 de Abril de 2015.

WERNICK, E. **Rochas magnéticas: conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica**. São Paulo: Ed. UNESP, 2004.