

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

JONI ERHART

**EFEITO DO PÓ DE BASALTO NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO
SOLO E NUTRIÇÃO DA VIDEIRA (*Cabernet sauvignon*)**

Dissertação apresentada à Coordenação de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Dr. Jaime Antonio de Almeida

LAGES – SC

2009

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Erhart, Joni

Efeito do pó de basalto nas propriedades químicas do solo e
nutrição da videira (*Cabernet sauvignon*) /
Joni Erhart. – Lages, 2009.
71p.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências
Agroveterinárias / UDESC.

1. Solos – Fertilidade. 2. Pó de basalto.
3. Videira (*Cabernet sauvignon*). I. Título.

CDD – 634.8

**EFEITO DO PÓ DE BASALTO NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E
NUTRIÇÃO DA VIDEIRA (*Cabernet sauvignon*)**

JONI ERHART
Engenheiro Agrônomo

Aprovado em:
Pela banca examinadora:

Homologado em:
Por:

Orientador: Dr. Jaime Antonio de Almeida
Professor da UDESC/Lages – SC

Dr. Paulo Cesar Cassol - Coordenador do
Curso de Mestrado e Doutorado em Manejo
do Solo e Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Ciências Agrárias –
UDESC/Lages - SC

Membro: Dr. David José Miquelutti
Professor da UDESC/ Lages – SC

Dr. Adil Knackfuss Vaz - Diretor Geral do
Centro de Ciências Agroveterinárias -
UDESC/Lages - SC

Membro: Dr. Gilberto Nava
Pesquisador EPAGRI/São Joaquim -SC

LAGES
Santa Catarina - Brasil
2009

A meus pais Guido e Benilde Bernadete Erhart, pelo amor, apoio e compreensão nessa caminhada e a Deus pelo dom da vida. ***Dedico.***

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, coragem e saúde para superar os obstáculos, as oportunidades concedidas e conforto nos momentos difíceis.

Aos meus pais, Guido e Benilde, exemplos de vida, pela honestidade, fé, humildade e força de vida, além da confiança depositada em mim.

As minhas irmãs June e Jane, pela confiança, incentivo, amizade e exemplos de dedicação.

Ao professor Jaime Antonio de Almeida, excelente profissional e pessoa, pela orientação e amizade.

Ao Rodrigo Predebon, Ederson Gobbi e Elisandro Sandro Balbinot, grandes amigos de república.

Aos bolsistas de iniciação científica Ezequiel Saretta e Catiline Schmitt.

Aos demais professores do Departamento de Solos, pela amizade e pelos ensinamentos passados.

Aos amigos em Lages e demais colegas do mestrado.

À Epagri – Estação experimental de São Joaquim, pela disponibilidade da área e ajuda na realização do estudo.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À UDESC, pela formação profissional na graduação e no mestrado.

RESUMO

A formação do solo ocorre a partir de diferentes materiais de origem e em várias condições climáticas, através de processos químicos, físicos e biológicos, originando solos com características químicas e físicas distintas. A maioria dos solos brasileiros são ácidos e deficientes em nutrientes. As rochas moídas e aplicadas ao solo são constituídas de minerais de dissolução lenta que podem contribuir para o incremento da reserva nutricional do solo. Para garantir colheitas satisfatórias empregam-se tradicionalmente fertilizantes químicos prontamente solúveis. Na agricultura orgânica, rochas naturais moídas têm sido empregadas como fonte de nutrientes. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação de pó de basalto, granito e apatita, em associação ou não com esterco bovino, no desenvolvimento da videira (*Cabernet sauvignon*), comparados com o uso de fertilizantes prontamente solúveis. Para tanto foi conduzido no período de um ano o experimento em um Neossolo Litólico Húmico, na Estação Experimental da Epagri de São Joaquim (SC), previamente calcariado para elevar o pH a 5,2 e corrigido com fósforo (fosfato natural) e potássio (granito moído), que foram aplicados a seis tratamentos, com quatro repetições: NPK solúvel, 5 t ha⁻¹ de esterco bovino, pó de basalto nas doses 0, 10, 20 e 50 t ha⁻¹, puros e associados com 5 t ha⁻¹ de esterco bovino. Foram avaliados, após um ano, as propriedades químicas do solo e o estado nutricional da videira, através de análises foliares dos conteúdos de N, P, K, Ca, Mg, em comparação com seus teores no solo. Os valores de pH em água e em sal (CaCl₂) não se modificaram pela aplicação de doses crescentes de pó de basalto, assim como para os elementos Ca, Mg e K. Para os teores de P-total, P-Mehlich e P-RTA houve mudanças significativas pela aplicação do pó de basalto. De modo geral, os tratamentos com pó de basalto associado à calagem, independentemente da dose do pó de basalto aplicado, afetaram pouco as características químicas do solo, em relação ao tratamento com calagem associada à adubação com NPK. Não foram observadas modificações nos teores de macronutrientes foliares (N, Ca, Mg, P e K) pela aplicação de doses crescentes de pó de basalto.

Palavras-chave: Nutrição. Videira. *Cabernet sauvignon*.

ABSTRACT

The soil formation occurs from different source materials, and various weather conditions, by chemical, physical and biological processes forming soils with different physical and chemical characteristics. The majority of Brazilian soils are acidic and poor in nutrients. To ensure satisfactory harvest, farming traditionally employ readily soluble chemical fertilizers. In organic agriculture, natural ground stones have been used as a source of nutrients. This study aimed to evaluate the effect of powder of basalt, granite and apatite, in combination or not with cattle in the development of perennial crops - grapes (Cabernet sauvignon), compared with the use of soluble fertilizers. Over a year, experiment was conducted on a Lithic Udorthents in the Epagri Experimental Station of São Joaquim (SC), previously lime to raise the pH to 5.2 and corrected with phosphorus (natural phosphate) and potassium (crushed granite), which was applied to six treatments with four replications: soluble NPK, 5 t ha⁻¹ of cattle manure, basalt powder at doses of 0, 10, 20 and 50 t ha⁻¹, pure and associated with 5 t ha⁻¹ of cattle manure. Over a year, soil chemical analysis was evaluated, and the nutritional status of the grapes was assessed through analysis of leaf contents of N, P, K, Ca, Mg, compared with their levels in soil. The water and salt (CaCl₂) pH values not modified by application of increasing doses of basalt powder, as well as for the elements Ca, Mg and K. Total-P, Mehlich-P and P-AER (anion exchange resin) to have significant changes for the application of basalt dust, in relation to treatment with soluble fertilizer. In general, the treatments with powder of basalt associated with the liming, regardless of the dose of the powder basalt applied, little affected the chemical characteristics of soil after one year of evaluation of the experiment in relation to treatment with lime associated with NPK.fertilization There were no increases in levels of foliar nutrients (N, Ca, Mg, P and K) by the application of increasing doses of basalt dust after one year of installation of the experiment.

Keywords: Powder of basalt. Plant nutrition. *Cabernet sauvignon*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Vista geral de parte da Pedreira Manjolinho, local onde foi extraído o basalto utilizado no experimento.....	27
Figura 2 –	Moinho de martelo (a); peneira 2 mm (b), utilizados para moer e peneirar a rocha.....	28
Figura 3 –	Granito feldspático do município de Ibirama – SC.....	29
Figura 4 –	Mapa com a localização do Município de São Joaquim.....	30
Figura 5 –	Croqui do experimento com os tratamentos e número de plantas.....	33
Figura 6 –	Teores de fósforo total pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação do experimento, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2).....	41
Figura 7 –	Teores de P-Mehlich pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2).	44
Figura 8 –	Teores de P-RTA pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2).	46
Figura 9 –	Teores de cálcio pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2).....	49

Figura 10 – Teores de magnésio pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2). 51

Figura 11 – Valores de alumínio trocável pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2)..... 54

Figura 12 – Valores de soma de bases pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2)..... 56

Figura 13 – Valores de saturação de bases pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2-0,4m (P2)..... 57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Teores médios de elementos no basalto e granito.....	20
Tabela 2 –	Composição mineralógica média dos basaltos.....	21
Tabela 3 –	Teores totais dos elementos químicos presentes no basalto andesito e no granito feldspato.....	27
Tabela 4 –	Composição granulométrica do pó de basalto e do granito para cada 100 gramas do material.....	28
Tabela 5 –	Médias de temperatura, precipitação, insolação, URar (%), horas de frio, para o período anual do experimento, para o município de São Joaquim – SC.....	29
Tabela 6 –	Atributos químicos do Neossolo Litólico Húmico antes da implantação do experimento.....	36
Tabela 7 –	Valores de pH em água para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	37
Tabela 8 –	Valores de pH em sal (CaCl_2) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	38
Tabela 9 –	Valores de matéria orgânica (dag kg^{-1}) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	39
Tabela 10 –	Valores de fósforo total (mg dm^{-3}) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	40

Tabela 11 – Valores de fósforo Mehlich 1 (mg dm^{-3}) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	42
Tabela 12 – Valores de fósforo RTA (mg dm^{-3}) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	45
Tabela 13 – Valores de potássio (mg dm^{-3}) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	47
Tabela 14 – Valores de cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	48
Tabela 15 – Valores de magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	50
Tabela 16 – Valores de alumínio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	52
Tabela 17 – Valores de soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	55
Tabela 18 – Valores de saturação de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições.....	56
Tabela 19 – Valores dos elementos químicos nas folhas das videiras testadas pelo teste de Dunnett para os diferentes tratamentos. Média de quatro repetições.....	59

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
1.1 EVOLUÇÃO E MODELOS TECNOLÓGICOS NA AGRICULTURA	16
1.2 FONTES DE NUTRIENTES PARA AS PLANTAS.....	18
1.3 DISSOLUÇÃO DOS MINERAIS DOS PÓS DE ROCHA.....	21
1.4 RESPOSTAS AO EMPREGO DE PÓS DE ROCHA NA AGRICULTURA.....	22
2 MATERIAIS E MÉTODOS	26
2.1 MATERIAL TESTADO	26
2.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO	29
2.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	30
2.3.1 Preparo do solo.....	30
2.3.2 Cultura	31
2.3.3 Delineamento experimental e análise estatística.....	31
2.3.4 Instalação e condução do experimento.....	32
2.3.5 Avaliações.....	34
2.3.5.1 Solo.....	34
2.3.5.2 Planta	34
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
3.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	36
3.2. ANÁLISE QUÍMICA DAS FOLHAS DE Videira.....	58

4 CONCLUSÕES	62
---------------------------	-----------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
---	-----------

INTRODUÇÃO

Grande parte dos solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil são bastante intemperizados, ácidos, geralmente pobres em nutrientes e apresentam níveis de Al considerados tóxicos para as plantas. Por esta razão, a prática da fertilização é fundamental para a obtenção de produtividades agrícolas satisfatórias.

Considerando o modelo de desenvolvimento agrícola adotado no Brasil, grande parte da demanda de fertilizantes para as culturas é suprida através da utilização de adubos prontamente solúveis, pelas formulações NPK, associadas ou não ao uso de macro e micronutrientes. Apesar disso, muitos agricultores, também utilizam como fonte de nutrientes os adubos orgânicos, algumas vezes associados com adubos minerais.

Os adubos solúveis podem ser obtidos da exploração de jazidas de sais naturais, como é o caso do gesso ou gipsita (CaSO_4) e do salitre do Chile (NaNO_3). Outra alternativa para a obtenção de adubos solúveis é através do tratamento químico de rochas ricas em determinado nutriente, promovendo a sua concentração, a exemplo dos tratamentos ácidos utilizados na fabricação dos adubos fosfatados prontamente solúveis. Apesar das vantagens da solubilização rápida e do suprimento da demanda de nutrientes pelas plantas, os adubos solúveis apresentam geralmente o inconveniente poderem ser rapidamente lixiviados e, ou de causarem desequilíbrios nutricionais para as plantas.

Por essas razões, muitos agricultores, particularmente aqueles que adotam sistemas orgânicos ou agroecológicos de produção, vem incrementando a utilização de fontes alternativas de nutrientes para a agricultura, dentre as quais se destacam as rochas naturais moídas, prática que vem sendo denominada de rochagem.

Como a grande maioria dos solos brasileiros são altamente intemperizados, com mineralogia da fração argila composta de caulinita e óxidos de ferro e de alumínio, apresentam baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e têm pouca ou nenhuma reserva de bases, na medida em que a maioria dos minerais primários facilmente intemperizáveis já foi destruída.

Neste sentido, o emprego de rochas naturais moídas, além de fornecer nutrientes para as plantas de forma mais equilibrada, pode também incrementar, a médio e longo prazo, a reserva química de nutrientes, através do aporte de uma combinação adequada de minerais primários facilmente intemperizáveis.

Os minerais contidos nas rochas são fontes de lenta liberação de nutrientes para o solo e, dependendo de sua composição mineralógica, podem contribuir com variada e expressiva quantidade de elementos essenciais às plantas. Entretanto, a quantidade de elementos disponibilizada, bem como a velocidade com que são liberados após sua mistura ao solo, dependem do tipo ou combinação de rochas utilizada, da composição mineralógica das mesmas, do grau de resistência dos minerais à alteração química e da granulometria do material. Como as rochas são compostas de uma assembléia de minerais, a liberação dos nutrientes dos pós-de-rochas depende, portanto, das reações naturais de intemperismo que ocorrerão no solo após sua aplicação. Desse modo podem ser uma alternativa para a recuperação de solos altamente intemperizados, que apresentam pouca ou nenhuma reserva mineral.

O emprego de rochas naturais moídas na agricultura é bastante antigo, a exemplo das rochas calcárias usadas como corretivo da acidez do solo e dos fosfatos naturais (apatitas), usadas como fonte de fósforo. Entretanto, outras rochas, ricas em determinados elementos químicos, também podem ser utilizadas como fonte de nutrientes ou condicionadoras de solo. As rochas básicas e ultrabásicas, por exemplo, encerram quantidades expressivas de Ca, Mg e micronutrientes. Rochas ricas em feldspatos e micas tais como alguns granitos e micaxistos, podem se constituir em fonte importante de potássio. As rochas ricas em apatitas, por outro lado, podem liberar fósforo para o solo. Assim, uma combinação de pós-de-rochas de diferentes constituições químicas podem fornecer grande parte dos nutrientes essenciais às plantas, talvez sendo a única exceção o nitrogênio, cuja presença é inexpressiva na maioria das rochas.

Nos últimos anos, vem sendo cada vez mais incrementada a produção de alimentos em sistemas agroecológicos, onde o emprego de pesticidas e adubos prontamente solúveis não é permitido. Grande parte destes alimentos tem sido produzida com a utilização de adubos orgânicos, os quais nem sempre podem fornecer todos os nutrientes de forma equilibrada, podendo levar a carência de alguns e excessiva quantidade de outros. Desse modo, a associação dos adubos orgânicos com pós-de-rocha pode se constituir numa alternativa importante, pela vantagem dos primeiros em suprir nitrogênio e acelerarem a velocidade de intemperização dos minerais contidos nos últimos.

Os efeitos da aplicação de pós-de-rochas sobre as propriedades químicas do solo e a produtividade dos cultivos foi pouco estudado de forma científica no Brasil. Ainda se carece informações confiáveis sobre quais tipos de rochas seriam mais eficientes, quais seus efeitos a curto e médio prazo sobre propriedades do solo, qual granulometria seria mais apropriada e de que maneira podem disponibilizar mais rapidamente os nutrientes para as plantas.

Particularmente nas culturas perenes, o emprego de pós-de-rochas parece ser promissor, já que a exigência nutricional dessas plantas pode ser suprida lentamente ao longo do ciclo de desenvolvimento destas culturas. Entretanto, grande parte dos materiais utilizados para esta finalidade, no Planalto Catarinense, provém de outras regiões do país, aumentando o custo destes materiais. Torna-se necessário, portanto, estudar o potencial e viabilidade do emprego de rochas ricas em nutrientes que sejam facilmente disponíveis na região, para que se possam produzir materiais que tenham ao mesmo tempo eficiência agrônômica e baixo custo para os produtores.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 EVOLUÇÃO E MODELOS TECNOLÓGICOS NA AGRICULTURA

A agricultura é uma atividade que teve início há mais ou menos dez mil anos (Ehlers 1999), porém apesar da experiência milenar nesta atividade, a produção de alimentos sempre foi um dos maiores desafios da humanidade, sendo geralmente insuficiente para suprir a demanda da população. A agricultura nos seus primórdios era praticada com técnicas rudimentares que não permitiam grandes produções. Somente a partir do século XIX é que a agricultura sofreu uma grande transformação, com aumento da escala de produção (Ehlers, 1999).

O paradigma da chamada agricultura “moderna” se fortaleceu com a revolução verde, após a segunda guerra mundial (Ehlers, 1999), sendo os fertilizantes industriais solúveis um dos seus pilares mestres. A revolução verde trouxe melhoria da produtividade agrícola através da substituição dos processos de produção locais por práticas tecnológicas constituídas por utilização de variedades vegetais melhoradas, muito exigentes em fertilizantes minerais de alta solubilidade, irrigação e moto-mecanização. Estas práticas foram responsáveis por grandes aumentos nos rendimentos das culturas, porém associado a isto, o número de pragas e doenças das culturas também cresceu, o que levou ao aumento generalizado do uso dos agrotóxicos.

A maior parte dos países em desenvolvimento começou a usar adubos minerais em escala apreciável por volta de 1950, com maiores incrementos após 1960, chegando-se a consumir, em 1985, cerca de 50 milhões de toneladas de nutrientes (Van Raij, 1991). A estimativa para a produção mundial de fertilizantes é de 206,5 milhões de toneladas em 2007/08 a 241 milhões de toneladas em 2011/12. A demanda por fertilizantes aumentará da atualidade de 197 milhões de toneladas para 216 milhões durante o mesmo período de acordo com a FAO (2008).

No Brasil a utilização de fertilizantes minerais foi iniciada de forma incipiente, no começo dos anos 30 do século passado, sendo que a estimativa para 2009 apresenta um consumo de 22 milhões de toneladas (ANDA, 2009). A produção brasileira de fertilizantes

solúveis é elevada, porém ainda insuficiente para satisfazer o consumo interno de nutrientes e desde 1998 o volume das importações de nutrientes ultrapassou o da produção interna (Loureiro & Nascimento, 2003).

Os fertilizantes solúveis, quando bem dosados e equilibrados, promovem incrementos de produtividade geralmente maiores do que quando se emprega rochas naturais moídas. A fertilização de solos pobres em nutrientes promove um aumento de rendimento na produção agrícola de cerca de 35 a 50% em média (Loureiro & Nascimento, 2003) quando comparado a áreas não adubadas. Segundo Lopes & Guilherme (2007), o uso eficiente de adubos e corretivos foi responsável, entre os anos 1970-71 e 2002-2003, por cerca de 50% dos aumentos da produção e de produtividade das culturas no Brasil.

Os fertilizantes solúveis liberam mais rapidamente os nutrientes, e assim atendem de forma mais eficaz as exigências da maioria das plantas cultivadas de ciclo curto, porém são mais propensos a lixiviação, vindo a contaminar o meio ambiente. Quando carregados pela água da chuva e ou da irrigação podem contaminar a água dos rios e lençóis freáticos em níveis indesejáveis para o consumo humano (Luchese et al., 2001), como ocorre com o nitrogênio, lixiviado na forma de nitrato. O excesso de nutrientes nas águas pode também causar o fenômeno de eutrofização.

Em meados dos anos 80, a crescente preocupação com a qualidade de vida e com o ambiente, em função da degradação dos recursos naturais e a sua contaminação, principalmente com agroquímicos, levou ao surgimento de um novo paradigma: o da agricultura sustentável ou alternativa. Este modelo visa a manutenção de uma agricultura ecologicamente equilibrada, um desenvolvimento agrícola sustentável que mantenha a capacidade produtiva do solo a longo prazo e a conservação dos recursos naturais (Ehlers, 1999). Este modelo se torna uma alternativa à produção agrícola em grande escala e ao modelo convencional de agricultura das últimas seis décadas. Entretanto, apresenta alguns princípios e normas que devem ser seguidos para ser praticada, entre eles a manutenção da fertilidade do solo e da sanidade das plantas pela adubação orgânica, diversificação e rotação de culturas, uso da reciclagem de resíduos sólidos, uso de adubos verdes e restos de culturas, emprego de rochas moídas, uso de manejo e controle biológico de insetos-pragas, moléstias e ervas invasoras (Costa, 2005). As rochas moídas entram neste modelo, pois servem como fonte de nutrientes para as plantas.

1.2 FONTES DE NUTRIENTES PARA AS PLANTAS

As plantas para completarem seu ciclo necessitam de elementos minerais denominados nutrientes. Esses elementos, mais C, H, O, presentes no ar e na água, constituem os elementos essenciais aos vegetais (Alcarde, 1985). O conceito de fertilizante ou adubo, segundo o mesmo autor é de “um produto mineral ou orgânico, natural ou sintético, supridor de um ou mais nutrientes às plantas”.

Os fertilizantes são aplicados para suprir as necessidades nutricionais das plantas quando o solo não apresenta a capacidade de fornecê-los completamente. Os fertilizantes minerais são constituídos por compostos inorgânicos, e alguns compostos orgânicos sintéticos como a uréia e os quelatos (Alcarde, 1985) e, ao aplicá-los espera-se que se estabeleça uma concentração adequada dos nutrientes na solução do solo.

Considerando a baixa fertilidade da maioria dos solos brasileiros, o seu uso intensivo pela agricultura e a necessidade de satisfazer a demanda das culturas, as práticas de calagem e adubação são indispensáveis para fornecer nutrientes quando não estão em concentrações satisfatórias para atender a demanda das plantas (Lopes & Guilherme, 2007).

Os fertilizantes minerais são geralmente obtidos em jazidas de sais ou de compostos minerais específicos, sendo posteriormente processados pelas indústrias para a produção de fertilizantes solúveis e rapidamente disponíveis. Na maioria das vezes, estes fertilizantes são aplicados ao solo na forma de sais, os quais reagem rapidamente na solução do solo, sendo passíveis de serem perdidos por lixiviação, além de ocorrer grande dispêndio de energia durante todo o processo de produção.

A busca de fontes alternativas de nutrientes é atualmente uma preocupação do governo federal, e recentemente o Centro de Tecnologia Mineral do Ministério da Ciência e Tecnologia vem incentivando estudos nesta área (Melamed et al., 2007).

Uma alternativa aos fertilizantes minerais prontamente solúveis é a utilização de rochas moídas, aplicadas ao solo na forma pó (THEODORO & LEONARDOS, 2006), ou a utilização de ambos, em conjunto, para culturas perenes.

A utilização de pó de rocha como fonte de nutrientes não é uma prática recente. Os primeiros a descreverem essa atividade foram Missoux e Hensel no século IX (van STRAATEN, 2006). No entanto, as pesquisas avaliando o potencial desse material têm recebido enfoque maior nas últimas décadas (FYFE, 1987 e 2000; van STRAATEN, 1987, 2002 e 2006; LEONARDOS et al., 1987 e 2000; THEODORO & LEONARDOS, 2006; AMPARO, 2003; GAMA, 2003; BARRETO, 1998).

Das rochas moídas de uso mais comum na agricultura, encontram-se as calcárias, que são empregados principalmente como corretivos da acidez do solo e as rochas fosfatadas (apatitas), que podem ser aplicadas de forma natural ou servirem de matéria-prima para a produção de fosfatos acidulados. O uso de rochas moídas como fertilizantes é amplamente difundido na agricultura orgânica, ou natural, pelo fato de ser um produto natural, que apresenta minerais de dissolução lenta, os quais podem contribuir com quantidades expressivas de nutrientes para as plantas e servir como condicionadores de solo, promovendo melhorias nas suas propriedades físicas ou físico-químicas, facilitando o desenvolvimento e a nutrição das plantas.

Isso se deve ao seu amplo conteúdo mineral e à sua constituição química potencialmente apropriada para o enriquecimento de solos pobres ou para recuperação de solos empobrecidos por lixiviação, devido ao manejo inadequado (Gama, 2003).

A Lei Nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e a Instrução Normativa Nº007 de 17 de maio de 1999, relaciona entre os insumos permitidos as “farinhas e pós de rochas”.

As vantagens do uso do pó de rochas na remineralização dos solos em relação aos fertilizantes solúveis, de acordo com Amparo (2003) são a economia de mão-de-obra, pois o pó é de baixa solubilidade e não há necessidade de se adubar com frequência, devido ao seu com o efeito residual por um longo período (HARLEY & GILKES, 2000), conferindo fornecimento gradual de nutrientes com o aumento do pH (von FRAGSTEIN et al., 1988), não saliniza o solo; evita que a planta absorva mais do que o necessário, diminuindo a competição entre nutrientes pela absorção, diminui a fixação do P solúvel pela presença de sílica, além de reduzir os custos de produção agrícola, pois apresenta baixo custo de beneficiamento uma vez que envolve apenas a moagem das rochas, aliado ao fato de serem amplamente distribuídas em várias regiões do país.

BARRETO (1998) afirma que as melhores rochas para promover a recuperação e, conseqüentemente, contribuir para a reserva nutricional dos solos, são as rochas básicas e ultrabásicas, pois apresentam minerais ferromagnesianos e micronutrientes em abundância. LEONARDOS et al., (1976) indicam para a prática da *rochagem* o basalto, que representa uma fonte importante de macro e micronutrientes.

O basalto é uma rocha magmática extrusiva, resultante da cristalização rápida do magma na superfície. Os principais constituintes do basalto são minerais do grupo dos piroxênios e plagioclásios, fontes principalmente de Ca e Mg. É uma rocha básica, de

granulação fina, afanítica, onde a maior parte dos cristais são invisíveis a olho nu (Leinz & Amaral, 1989).

O basalto é uma rocha abundante em Santa Catarina, constituindo o material de origem de expressiva parcela dos solos catarinenses (EMBRAPA, 2004). Cerca de 50% do território catarinense é constituído por rochas oriundas do derrame de lavas da Formação Serra Geral, onde o basalto é a rocha predominante (DNPM, 1987). Tratando-se de rocha rica em feldspatos calco sódicos e piroxênios, além de conter vários micronutrientes (Resende, 2002), o emprego do pó desta rocha finamente moído pode contribuir para o fornecimento de vários nutrientes às plantas e com isso aumentar a fertilidade de solos. Na tabela 1 estão indicadas percentagens médias de elementos maiores e menores em valores comparativos para o basalto e o granito.

Tabela 1 – Teores médios de elementos no basalto e granito

ROCHA	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cu	Zn	Fe	Mn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
Basalto	2,4	19,6	73,7	30,3	549,7	119,9	100	100	2700	1500
Granito	1,8	54,6	13,3	5,2	720,8	138,6	10	40	860	400

Fonte: IBGE (1986).

Os principais minerais que compõem os basaltos estão listados na tabela 2. Verifica-se que a rocha contém cerca de 17% de anortita, um silicato de alumínio do grupo dos feldspatos, com 19% de Ca na estrutura, cuja fórmula química é CaAl₂Si₂O₈. O diopsídio (CaMgSi₂O₆), importante fonte de Mg e Ca para o solo, e o hiperstênio, composto em média de 30% de Fe e 17% de Mg. O ortoclásio, que corresponde a um feldspato potássico (KAlSi₃O₈), representa uma importante fonte de K para o solo.

Tabela 2 – Composição mineralógica média de basaltos

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA	Teor (%)
Ortoclásio	9,99
Anortita	17,35
Diopsídio	19,68
Hiperstênio	4,91
Albita	25,32
Magnetita	9,42
Apatita	0,44
Quartzo	10

Fonte: IBGE (1986).

1.3 DISSOLUÇÃO DOS MINERAIS DOS PÓS DE ROCHA

A dissolução dos pós de rocha é um processo muito lento e complexo. Depende de fatores como a composição química e mineralógica da rocha, da granulometria do material, do tempo de reação, e de fatores do solo como o pH e a atividade biológica (OSTERROHT, 2003).

Estudos de laboratório realizados por BLUM et al. (1989a, b) mostram que as taxas de liberação de nutrientes das rochas acontecem de forma muito lenta. Segundo BOLLAND & BAKER (2000), a eficácia do pó de rocha como fonte de nutrientes para o solo é questionada devido à baixa solubilidade e pela necessidade de aplicar grandes quantidades de pó de rocha ao solo para se obter respostas positivas.

Os elementos são liberados dos minerais pelos processos de intemperismo, ou seja, as rochas são submetidas a processos que ocasionam a desintegração e decomposição da sua estrutura. Como a composição da rocha é bastante variada em espécies minerais, cada uma libera seus elementos em velocidades diferentes.

Para que ocorra a liberação dos elementos que compõem as rochas, elas devem ser submetidas a alterações físicas e químicas. O intemperismo físico corresponde a uma desagregação da estrutura da rocha sem haver mudança na composição química, já a alteração química ocorre quando a estrutura dos minerais é quebrada (LUCHESE et al., 2002).

Von FRAGSTEIN et al. (1988) observaram que os basaltos apresentam taxas de liberação de elementos minerais mais rápidas quando comparadas ao granito. A granulometria da rocha tem grande influência, pois quanto maior a área superficial exposta ao ataque dos

agentes químicos, físicos e biológicos do intemperismo, mais rápida é a alteração do material (OSTERROHT, 2003).

O esterco dos animais vem sendo empregado como fertilizantes há milênios (Kiehl, 1985), porém, pouco se sabe sobre o efeito da adição destes materiais sobre a dissolução de minerais. Antes do desenvolvimento da indústria de adubos solúveis no século XIX, a adubação orgânica, principalmente com esterco, por muitos séculos constituiu-se na mais importante fonte de restituição de nutrientes ao solo (Sherer & Bartz, 1981).

Do ponto de vista biológico, os estercos animais apresentam uma grande quantidade de microrganismos (Kiehl, 1985). Sabe-se que muitos organismos podem contribuir para o intemperismo porque produzem substâncias ácidas que atuam sobre as rochas acelerando sua decomposição, liberando seus nutrientes minerais.

Giessman citado por Knapik (2005) afirma que se adicionando esterco ao solo, juntamente com o pó de basalto, a grande área de superfície do pó será habitada por fungos e bactérias, originando as mais variadas associações, transformando os nutrientes até formas assimiláveis por outros seres, servindo de base para o desenvolvimento de vida.

1.4 RESPOSTAS AO EMPREGO DE PÓS DE ROCHA NA AGRICULTURA

ROSCHNIK et al. (1967) observaram aumento exponencial no rendimento de legumes com aplicação de 5 a 40 t ha⁻¹ de pó de basalto. Aumentos significativos no rendimento de cana-de-açúcar subsequentes à aplicação de altas doses de pó de basalto (180 t ha⁻¹) e efeito residual significativo foram obtidos por d' HOTMAN DE VILLIERS (1961).

GILLMAN (1980) e GILLMAN et al. (2001) na Austrália, ilustram os efeitos positivos da aplicação de altas doses de pó de rocha basáltica em solo com baixa fertilidade. GILLMAN (1980) incubou por 12 meses pó de basalto no solo e observou aumento significativo no pH e na capacidade de troca de cátions, constatando que o efeito foi mais pronunciado com a diminuição da granulometria e o aumento do tempo de contato entre o material e o solo. GILLMAN et al. (2001) avaliaram o comportamento de sete solos de Queensland, na Austrália, incubados com doses crescentes de pó de basalto (0, 1, 5, 25 e 50 t ha⁻¹), tendo observado aumento no pH, na CTC e nos teores de cátions básicos.

HILDEBRAND & SCHACK-KIRCHNER (2000) e von WILPERT e LUKES (2003) observaram efeitos positivos do emprego de pó de rochas silicatadas em solos de floresta na Alemanha, onde foram observados incremento nos teores de Ca, K e no pH em função da aplicação de 6 t ha⁻¹ de pó de rocha vulcânica.

No Brasil, não foram observadas mudanças significativas no desenvolvimento das plantas e nas propriedades químicas do solo, pela aplicação de doses equivalentes a 200 t ha⁻¹ de basalto moído em solo de baixa fertilidade do Rio Grande do Sul, em experimento realizado em casa de vegetação (ESCOSTEGUY et al., 1985). Entretanto, não foi avaliado o efeito residual em culturas subseqüentes, devido ao pequeno período de condução do experimento.

Por outro lado, THEODORO & LEONARDOS (2006) avaliaram o potencial de utilização do pó da rocha vulcânica em Mata da Corda (MG) em um solo arenoso derivado do sedimento Bambuí. Os autores constataram aumento do pH e nos teores de Ca, Mg, P e K no solo após o primeiro ano, com tendência para estabilizar-se e gradualmente diminuir após o segundo ano, permanecendo com teores maiores aos das parcelas que não receberam o pó, mesmo após cinco anos da implantação do experimento.

KUDLA et al. (1996), incubando pó de basalto no solo em doses de até 255 t ha⁻¹ por um período de três meses verificou pequeno efeito sobre o pH em um Cambissolo Álico.

O basalto oriundo do município de Porto União-SC foi testado por KNAPIK (2005) em dois experimentos, avaliando o desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus sellowii* Koehne. No ensaio um, os autores testaram a utilização de pó de basalto e diferentes misturas de substrato comercial a base de *Pinus* sp, vermiculita, fibra de coco mista e húmus de minhoca, e quatro adubações, enquanto no Ensaio II, foram testados pó de basalto com dois substratos (misturas de substrato comercial a base de casca de *Pinus* sp e vermiculita, e esterco de cavalo) e três adubações. O resultado para o Ensaio I, não apresentou diferença estatística. Já no Ensaio II, a adubação com pó de basalto mais esterco de cavalo, o desenvolvimento das mudas foi prejudicado, possivelmente pela falta de aeração no substrato. KNAPIK (1987), utilizando o mesmo basalto observou maiores pesos de biomassa total de rabanetes nos tratamentos com a maior dose de pó de basalto (4,8 kg/m²), sem a adição de esterco e NPK.

NICHELE (2006), avaliando o potencial do pó de basalto, proveniente dos municípios de Ponte Alta-SC e de São José do Cerrito-SC, como fonte de liberação de nutrientes para o feijoeiro em um Cambisso Húmico, verificou após o primeiro ano que todos os tratamentos com pó de basalto proporcionaram produtividades similares as dos tratamentos com calcário e do calcário com adubo convencional, e aumento nos teores de Ca e Mg do solo. ALMEIDA et al. (2004), em experimento com o mesmo pó de basalto, isolado e associado ao esterco bovino, em cultivo de feijão, observaram que os maiores rendimentos foram obtidos com 2 t

ha⁻¹ de pó de basalto, seguido do tratamento com 4 t ha⁻¹ de pó de basalto associado ao esterco bovino.

Misturas de pó de rochas já são comercializadas no Brasil, como a farinha de rocha MB-4 (empresa MIBASA de Arapiraca-Al), farinha de rochas da empresa Ipirá Fértil (Ipirá, Bahia) e Itáfertil de Bom Sucesso (Itararé, São Paulo). Resultados positivos com o emprego do produto foram observados em soja e em melão na região de Petrolina-PE. Na cultura da cana-de-açúcar foi obtido aumento na produção agrícola de 43%. Com uva Itália relata-se aumento de produção de 33%. Em arroz irrigado foi obtido aumento de produção de 20%. No abacaxi, os frutos apresentaram peso médio maior, e maior percentual de frutos com peso acima de 1.400 gramas (BARRETO, 1998).

Em um experimento com a cultura do cacau, não foi observado efeito pela aplicação de doses de até 8 kg por planta do melhorador de solo de Ipirá (farinha de rocha), sobre a produção média de sementes por planta e produção média de frutos por planta. Porém, a produção de frutos inteiros foi incrementada até a dose estimada de 4,9 kg por planta. Para doses maiores houve decréscimo da produção (BORGES FILHO et al., 2004).

KIEHL (2002), afirma que a utilização do pó de basalto como corretivo do solo trouxe resultados positivos, melhorando a nutrição das plantas, podendo ser uma boa alternativa aos agricultores. Segundo o autor, a maior vantagem é que o pó de basalto pode ser encontrado em várias pedreiras comerciais, tornando o pó de rocha um recurso mais barato em comparação aos fertilizantes industrializados, na adubação de solos pobres.

Entretanto, para solos altamente tamponados, a quantidade de calcário requerida para elevar o pH do solo a 6,0 é elevada, devido ao alto teor de matéria orgânica, Al trocável e acidez potencial dos mesmos.

Considerando isto, ALMEIDA et al. (1999), propõem nestes casos a elevação do pH em H₂O para 5,2, que além de exigir menor quantidade de calcário para solos tamponados, é capaz de promover a diminuição dos valores de Al trocável, melhorando a fertilidade química, principalmente por promover aumento nos teores de Ca e Mg.

De acordo com a recomendação da COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (2004) o cultivo da videira deve ser realizado em solos com pH em torno de 6,0. A maneira mais prática de atingir esse pH é pela aplicação de calcário, com a incorporação a profundidade efetiva de 0 – 0,4 m, de forma homogênea. A calagem promove aumento do sistema radicular e da parte área das plantas de videira, aumentando a eficiência pela aplicação de fertilizantes ao solo, refletindo no aumento da produtividade da cultura, pois elimina a toxidez do Al e do Mn (RAIJ, 1991).

Para os nutrientes serem absorvidos e transportados para o interior das plantas há a necessidade de estarem na solução do solo e em presença de água para que os mecanismos de transporte por fluxo de massa e difusão aconteçam naturalmente evitando os sintomas de deficiência nutricional, o que não pode ser confundido com adubação.

O balanço nutricional é fundamental para que haja um equilíbrio dinâmico de nutrientes na planta, e para que um nutriente não seja mais ou menos absorvido em detrimento de outro nutriente em concentrações diferentes. Um bom balanço nutricional para as plantas é essencial para um bom desenvolvimento radicular, favorecendo a planta no sentido de um maior volume de solo explorado e em maiores profundidades, o que garante um bom equilíbrio nutricional até mesmo em condições edafo-climáticas não favoráveis, como em solos compactados e em períodos prolongados de estiagem.

A concentração dos nutrientes no tecido das folhas na planta, varia pela sua disposição, o que pode ser atribuído às diferentes vias de translocação do nutriente e a mobilidade do elemento.

No caso da videira ela apresenta particularidades que interferem de modo determinante sobre aspectos qualitativos e quantitativos da produção, influenciados pela variedade utilizada e também pelos manejos culturais utilizados nas regiões de cultivo da videira, que interferem na sua produtividade (FREGONI,1980).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da aplicação de pó de basalto, sobre as propriedades químicas do solo e nutrição da videira, considerando a abundância de basalto em Santa Catarina, e a carência de estudos com base científica que avaliem a eficácia do uso deste material como fonte de nutrientes para as plantas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira amostragem de solo foi realizada em outubro de 2006, visando conhecer as características químicas e físicas do solo, sua profundidade efetiva e também para sistematizar a área com a retirada de calhaus, matacões e plantas daninhas, de maneira a homogeneizar a área, já que se tratava de uma área de solo raso.

2.1 MATERIAL TESTADO

O basalto utilizado no experimento é proveniente de uma pedreira localizada as margens da BR 116, no município de Ponte Alta - SC (Figura 1).

Em laudo técnico de análise petrográfica fornecido pela pedreira, é indicado que o basalto é do tipo meláfiro, apresenta um relevante estado de argilização, com a formação de óxidos de ferro por toda a sua porção central. Apresenta uma estrutura maciça, contendo plagioclásios do tipo labradorita ($\text{Na}_{0,5-0,3}\text{Ca}_{0,5-0,7}\text{Al}(\text{Al}_{0,5-0,7}\text{Si}_{0,5-0,3})\text{Si}_2\text{O}_8$, clinopiroxênio do tipo augita ($\text{Ca, Mg, Al}_2(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$, opacos de pirita (FeS_2) e ilmenita (FeTiO_2), e óxidos de ferro.

Amostras dos pós utilizados no presente trabalho foram enviadas para o laboratório Actlab, na província de Ontário no Canadá, para fazer a análise dos teores totais dos elementos químicos presentes nos pós, conforme a tabela 3.

O basalto foi adquirido como brita, sendo posteriormente submetido à moagem em moinho de martelo com grelhas de 0,8 mm de abertura, e peneirado, utilizando-se apenas o material que passou na malha de 2 mm (Figura 2).

O granito, utilizado como fonte de K, foi coletado em blocos irregulares, sendo oriundo do Vale do Itajaí, mais precisamente do município de Ibirama – SC. Foi quebrado com auxílio de uma marreta em pedaços menores e submetido à moagem, da mesma maneira que o basalto. Trata-se de um granito feldspático (Figura 3), com alta proporção de ortoclásio, relacionado à Suíte Intrusiva Subida (DNPM, 1987).

Tabela 3 – Teores totais dos elementos químicos presentes no basalto andesito e no granito feldspático

Elemento químico	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	S
	----- % -----										
Granito feldspático	0,05	4,52	1,28	0,31	11,83	71,66	3,52	4,74	0,085	0,352	0,008
Basalto Andesito	0,45	1,44	8,56	4,82	13,2	50,37	2,65	13,28	0,167	3,571	0,004
	Co	Mo	Cu	Pb	Ag	Ni	Zn	Cd	Ba	Sr	Be
	----- ppm -----										
Granito feldspático	7	< 5	20	10	0,3	16	55	< 0.5	353	76	3
Basalto Andesito	40	< 5	184	< 5	< 0.3	66	100	< 0.5	568	720	2

Fonte: Actlab – Ontário - Canada

Como fonte de fósforo utilizou-se um fosfato natural, na forma de apatita moída. A apatita utilizada é um produto comercial importado de Israel, denominado fosfato natural de “ARAD”, sendo comercializado em casas agropecuárias. Possui granulometria inferior a 0,053 mm, sendo sua solubilidade em água muito baixa, mas dentre os fosfatos naturais é considerado um dos mais solúveis em água.

**Figura 1** – Vista geral de parte da Pedreira Manjolinho, local onde foi extraído o basalto utilizado no experimento

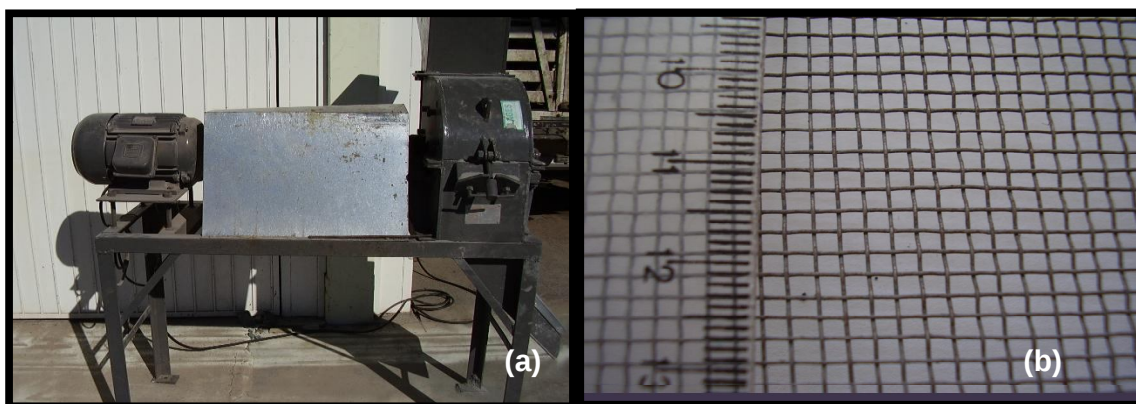


Figura 2 – Moinho de martelo (a); peneira 2 mm (b), utilizados para moer e peneirar a rocha

O pó de basalto e o granito utilizado no experimento consistem apenas do material com diâmetro inferior a 2 mm, sendo o excedente descartado, conferindo ao material final uma composição granulométrica de acordo com a tabela 4.

Tabela 4 – Composição granulométrica do pó de basalto e do granito para cada 100 gramas do material

Rocha	Peneira			
	2.0 mm	0.8 mm	0.3 mm	<0.3 mm
Basalto	1,300g	29,090g	20,050g	49,560g
Granito	1,120g	31,380g	31,520g	35,980g



Figura 3 – Granito feldspático do município de Ibirama – SC

2.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no município de São Joaquim na Estação experimental da EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A), a 194 km de Florianópolis. São Joaquim (Figura 4) é localizado na latitude de 28°17'39'' Sul, longitude 49°55'56'' Oeste, altitude média de 1415m. O município apresenta Clima Subtropical com verões brandos (Cfb) segundo a classificação de Köppen (Embrapa, 2004), com uma temperatura média anual 13,2°C e precipitação média anual de 1713mm.

As médias de temperatura, precipitação, insolação, e umidade relativa do ar horas de frio para o período anual do experimento são apresentadas na tabela 5.

Tabela 5 – Médias de temperaturas, precipitação, insolação, URar (%), horas de frio, para o período anual do experimento, para o município de São Joaquim – SC

h 7,2 ° C	URar	Temp. mín	Temp. máx	Temp. méd	Precipitação	Insolação
851 h	80,20%	- 5 ° C	28 ° C	19 ° C	2.185,3 mm	2.216,6 h

h: período de horas abaixo de 7,2 ° C; URar: umidade relativa do ar; Temp. mín: temperatura mínima; Temp. Max: temperatura máxima; Temp. méd: temperatura média; Precipitação anual; Insolação anual

Fonte: EPAGRI - INMET

Durante o período de condução do experimento também ocorreram 12 dias com granizo e registraram-se 49 eventos de geada.

O solo é da Classe Neossolo Litólico Húmico (EMBRAPA 2006), com cerca de 0,40 m de horizonte A, apresenta textura argilo – arenosa com 40% de argila, 50% areia, 10% silte no horizonte A, com uma profundidade efetiva 0,4m, sendo desenvolvido de riodacitos da formação Serra Geral.

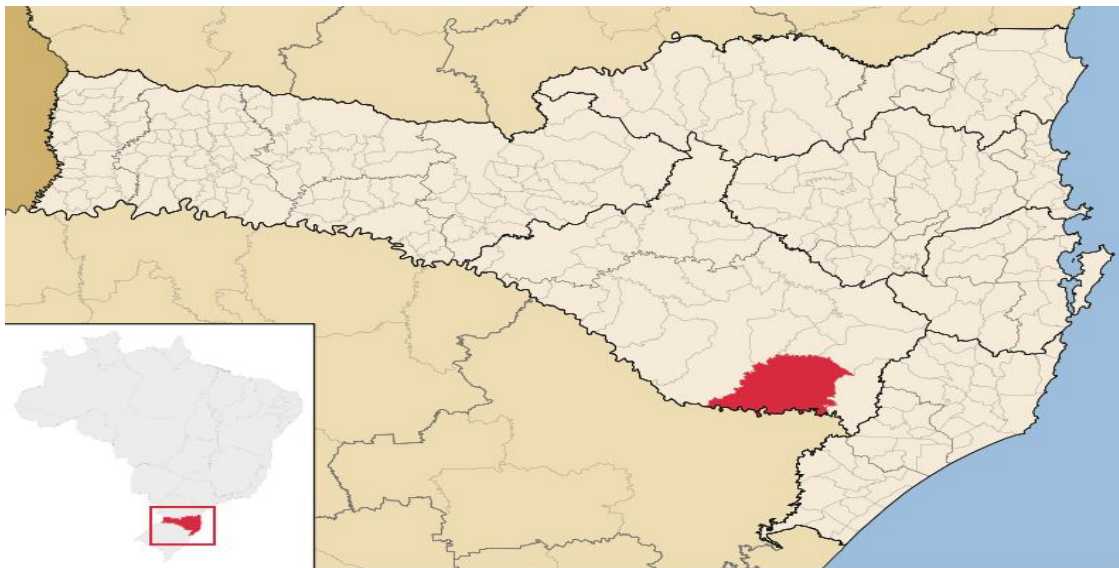


Figura 4 – Mapa com a localização do Município de São Joaquim

Fonte: Wikipedia

2.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

2.3.1 Preparo do solo

A sistematização da área foi realizada, com arado e subsolador e gancho para retirada de pedras, calhaus, matacões, conseguida com duas arações até 0,4 m de profundidade, com o objetivo de uniformizar ao máximo possível a área, no sentido de manter uma mesma profundidade efetiva em todos os tratamentos.

2.3.2 Cultura

Como plantas teste utilizou-se videiras da variedade *Cabernet Sauvignon* (*Vitis vinífera* L.) – **porta enxerto 101-14**. Fez-se uso dessa variedade devido a sua exigência em 930 horas de frio, dada pela soma das temperaturas abaixo de 7,2° C que a região oferece e por ser uma variedade que tem sido amplamente difundida na região. Essa variedade é bastante vigorosa e de frutificação médio-tardia, porte bastante erecto e entrenódulos médio-curtos, constitui uma boa opção para a produção de vinhos finos, com uma qualidade superior a outras regiões do Brasil. Originária da região de Bordeaux, no sudoeste da França, ela é a uva vinífera mais difundida no mundo, encontrando-se em todas as zonas temperadas e quentes.

2.3.3 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso em parcelas subdivididas. Os tratamentos foram dispostos nas parcelas, e as subparcelas foram consideradas as duas profundidades de amostragem. Os tratamentos utilizados foram os seguintes:

- CB0: 0 t ha⁻¹ de basalto; 5 t ha⁻¹ esterco, pH 5,2 .
- CB10: 10 t ha⁻¹ de basalto; 5 t ha⁻¹ esterco; pH 5,2.
- CB20: 20 t ha⁻¹ de basalto; 5 t ha⁻¹ esterco; pH 5,2.
- CB50: 50 t ha⁻¹ de basalto; 5 t ha⁻¹ esterco; pH 5,2.
- CNPK: NPK; pH 5,2.
- B50sc: 50 t ha⁻¹ basalto; 5 t ha⁻¹ esterco; sem calcário.

Cada parcela tinha três metros de largura por dez metros de comprimento. Os tratamentos, entretanto foram aplicados apenas na linha central de plantio das mudas numa área de 1m de largura, por 10m de comprimento (10 m²) e 0,4m de profundidade.

A área foi corrigida com calcário para o valor de pH 5,2 baseando-se na determinação do pH SMP (Almeida et al, 1999), adicionando-se o equivalente a 9,3 t ha⁻¹ de calcário filler (PRNT 100%). Isto correspondeu a 9,3 kg de calcário na área útil da parcela (10 m²) para uma profundidade de 0,4m. A necessidade de fósforo e potássio foi suprida pela adição de fontes naturais, sendo o potássio pela aplicação de granito feldspático e o fósforo através da aplicação de fosfato natural de “ARAD”. Na área útil da parcela foram aplicados 1,5 kg de pó

de granito, 450g de apatita e 7,5 kg de esterco bovino (base úmida) equivalentes as doses de 1500 kg ha⁻¹, 300 kg ha⁻¹ e 5 t ha⁻¹ e, base seca respectivamente.

O tratamento com adubação convencional constou na aplicação de adubo prontamente solúvel nas quantidades: 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (super fosfato simples), 90 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e 10 kg ha⁻¹ de N (uréia), de acordo com as recomendações da COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (2004).

Os resultados foram submetidos a análise de variância de acordo com o delineamento e esquema de amostragens utilizado. A discriminação dos efeitos dos tratamentos e das profundidades foi efetuada através dos seguintes procedimentos: teste de Dunnett para comparar os tratamentos CBO, CB10, CB20 e CB50 com o tratamento CNPK, em cada profundidade; teste F para comparar os tratamentos CB50 e B50sc, em cada profundidade, e os efeitos das profundidades em cada profundidade (STEEL et al., 1980).

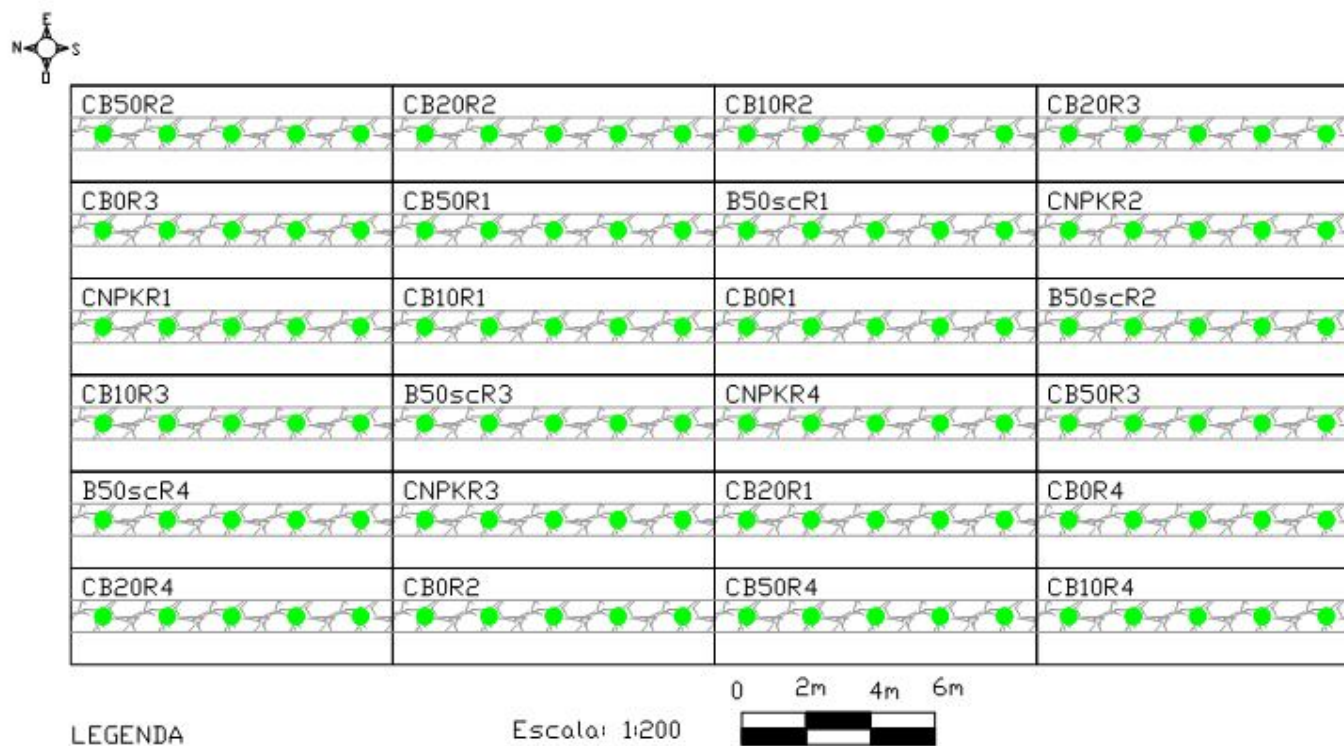
As análises foram conduzidas utilizando-se o procedimento MIXED do SAS (Statistical Analysis System), (STEEL et al., 1980). Em todos os testes foi considerado o nível mínimo de significância de 5%.

2.3.4 Instalação e condução do experimento

Todos os tratamentos foram aplicados uniformemente sobre a superfície das parcelas em duas etapas: metade das doses antes e metade após a aração e posteriormente incorporados na camada arável com arado e enxada rotativa. As práticas de aração e enxada rotativa em solos que recebem fontes naturais de nutrientes poderão contribuir para a maior dissolução do pó das rochas, devido ao aumento da área de contato com o solo e por elas ficarem mais susceptíveis ao intemperismo.

O plantio das mudas de videira foi realizado em 01/11/2006, manualmente, utilizando-se uma muda a cada 2m lineares com espaçamento de 3m entre linhas, cinco mudas por parcela conforme mostrado na figura 5.

Foram realizados capinas nas linhas e roçadas nas entrelinhas mantendo a área experimental sempre livre de invasoras e evitando possíveis competições por nutrientes. O vinhedo foi implantado no sistema de espaldeira, na disposição Norte - Sul proporcionando melhor insolação, melhorando a eficiência da produção de foto-assimilados. Condução e podas foram feitas com o objetivo de equilibrar a frutificação com a parte vegetativa.



CB0 - 0 t/ha de Basalto; 5t/ha esterco; pH 5,2
 CB10 - 10 t/ha de basalto; 5t/ha esterco; pH 5,2
 CB20 - 20 t/ha de basalto; 5t/ha de esterco; pH 5,2
 CB50 - 50 t/ha de basalto; 5t/ha esterco; pH 5,2
 CNPK - NPK; pH 5,2
 B50sc - 50 t/ha basalto; 5t/ha esterco; sem calcário

Figura 5 – Croqui do experimento com os tratamentos e número de plantas

2.3.5 Avaliações

2.3.5.1 Solo

Após o período de um ano, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 – 0,2 m e 0,2– 0,4 m, com trado holandês. Nas amostras coletadas foram determinados: pH em água, pH em sal (CaCl_2), cálcio, magnésio, alumínio trocáveis, fósforo total, fósforo extraído por Melich 1, fósforo extraído por resina trocadora de ânions, potássio e matéria orgânica.

Foram analisados os teores de matéria orgânica do solo, potássio disponíveis, teores de Ca, Mg e Al trocáveis e pH em água e índice SMP, segundo metodologias descritas em TEDESCO et al. (1995) e pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol l}^{-1}$ segundo metodologia descrita em Embrapa (1997).

O fósforo extraível foi obtido por três métodos distintos: Melich 1, solução ácida fraca e por resina trocadora de ânions, sendo o elemento quantificado por colometria pelo método de Murphy e Riley (1962). O fósforo total foi extraído por uma digestão ácida Brookes & Powlson, (1982).

Os valores de CTC pH 7,0, soma (S) e saturação por bases (V%) foram obtidos por calculo, segundo EMBRAPA (1997).

2.3.5.2 Planta

A amostragem das folhas foi realizada, retirando-se folhas da parte superior, terço médio e inferior. Foram retiradas 20 folhas por planta das três plantas centrais de cada parcela, excluindo as duas plantas da bordadura.

As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas em estufa com circulação forçada de ar à 60°C por 72 horas para secagem. Após este período as folhas foram moídas e passadas na peneira de 1mm, no moinho de faca tipo Wiley.

Para a análise dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio utilizou-se digestão com ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado mais peróxido de hidrogênio (H_2O_2) concentrado em bloco digestor a 375°C . Os teores de fósforo (P) foram obtidos pela leitura do complexo fosfomolibdato em extrato diluído em espectrofotômetro de UV- visível a 882 nm pelo método de Murphy & Riley (1962); os teores de potássio (K) foram determinados por fotometria de chama; e os teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

determinados por espectrofotometria de absorção atômica, todas as metodologias descritas anteriormente conforme Tedesco et al (1995).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os atributos químicos do solo antes da implantação do experimento, para duas profundidades, são visualizados na tabela 6.

A pobreza química do solo é indicada pelos baixos valores de Ca, Mg e K trocáveis e de P extraíveis, tanto pelo método Mehlich, como pela resina trocadora de ânions (RTA). Além dos valores de pH serem muito baixos, os conteúdos de alumínio trocável são elevados, possivelmente exercendo efeitos fitotóxicos para a maioria das plantas cultivadas. Os teores de H + Al são muito elevados, decorrentes do alto conteúdo de matéria orgânica presente no solo, nas duas camadas. Deduz-se, portanto, que grande parte das cargas negativas deste solo é fortemente dependente do pH.

Tabela 6 – Atributos químicos do Neossolo Litólico Húmico antes da implantação do experimento

Atributos químicos	Profundidades	
	0 - 0,2 m	0,2 - 0,4 m
pH H ₂ O	4,77	4,68
pH CaCl ₂	4,28	4,23
P-Mehlich 1(mg dm ⁻³)	4,34	3,64
P-RTA (mg dm ⁻³)	3,41	3,65
P- Total (mg dm ⁻³)	319,65	350,54
K (mg dm ⁻³)	45,30	41,79
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,31	1,30
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,40	0,35
Al (cmol _c dm ⁻³)	4,11	4,24
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	49,08	51,64
M.O. (dag kg ⁻¹)	9,35	8,24
S (cmol _c dm ⁻³)	1,83	1,76
CTC pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	50,90	53,40
V %	4,00	3,29

Na tabela 7, observa-se que a dose de calcário utilizada no tratamento CBO (somente calcário + calcário) promoveu aumento do pH em água para valores em torno de 5,42 e 5,26, respectivamente para as profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4m, muito próximas, portanto dos valores previstos. Estes valores são entre 0,5 a 0,7 unidades superiores aos encontrados no solo na condição original (Tabela 6).

Para o pH em água, os tratamentos em que se empregou somente calcário (CBO) ou calcário associado a doses crescentes de pó de basalto (CB10, CB20 e CB50) não diferiram do tratamento onde a mesma dose de calcário foi associada ao adubo solúvel (CNPk), conforme indicado na tabela 7. Esses resultados são similares aos obtidos por MOTTA et al (1992) que não verificaram alterações nos valores de pH, pela aplicação de 0 a 50 t ha⁻¹ de pó de basalto.

Tabela 7 – Valores de pH em água para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades						P1 x P2
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)	
CBO	5,42	ns		5,27	ns		ns
CB10	5,73	ns		5,32	ns		*
CB20	5,76	ns		5,48	ns		*
CB50	5,76	ns		5,47	ns		*
CNPk	5,47			5,24			ns
B50sc	5,14		ns	5,05		ns	ns
CV			5,34%				2,90%

ns – não significativo; * significativo a 5%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

Isso pode ter ocorrido pela contribuição dos cátions básicos, principalmente Ca e Mg, liberados pela intemperização do pó de basalto. Devido ao curto período de avaliação do experimento, não é possível, entretanto, confirmar a eficácia do pó de basalto na correção da acidez do solo.

O pH em água foi influenciado pela interação entre tratamento e profundidade. Foram observadas diferenças significativas para os tratamentos CB10, CB20 e CB50 (Tabela 7). Este comportamento deveu-se à maior dificuldade de incorporação do calcário em profundidade, resultando em valores de pH menores na camada de 0,2-0,4m (P2) do que na superfície.

Quanto a maior dose de basalto utilizada, com e sem calcário, não diferiram entre si, mostrando que o efeito aditivo do pó sobre o calcário não exerceu influência maior sobre o pH em relação à aplicação do pó isolado, conforme pode ser visualizado na (Tabela 7). Provavelmente esse efeito ocorreu pelo processo de intemperismo mais acelerado em meio ácido do tratamento sem calcário, liberando maiores teores de cátions básicos, os quais compensaram o efeito da calagem no outro tratamento. Entretanto, observa-se que no tratamento onde o calcário estava associado, os valores de pH foram expressivamente mais altos, nas duas profundidades.

Para o pH em sal, os tratamentos não diferiram da adubação convencional nas duas profundidades, como pode ser visualizado na tabela 8, apresentando o mesmo comportamento que o pH em água.

Tabela 8 – Valores de pH em sal (CaCl_2) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades						P1 x P2
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)	
CBO	4,73	ns		4,54	ns		ns
CB10	5,01	ns		4,65	ns		*
CB20	5,02	ns		4,66	ns		*
CB50	4,89	ns		4,80	ns		ns
CNPK	4,82			4,54			*
B50sc	4,49		ns	4,35		ns	ns
CV			6,83%				3,65%

ns – não significativo; * significativo a 5%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

O pH em sal foi influenciado pela interação entre tratamento e profundidade. Neste caso, entretanto, somente foram observadas diferenças significativas para os tratamentos CB10, CB20 e CNPK (Tabela 8). Provavelmente este comportamento deveu-se à maior dificuldade de incorporação do calcário em profundidade, resultando em valores de pH ligeiramente menores na camada de 0,2-0,4m (P2) do que na superfície.

Quanto a maior dose de basalto utilizada, com e sem calcário, não diferiram entre si, assemelhando-se ao comportamento observado no pH em água.

KUDLA et al. (1996), trabalhando com um solo altamente tamponado, também verificaram que as quantidades de pó de basalto necessárias para aumentar o pH de solos

altamente tamponados é muito alta. Avaliando o efeito da aplicação do pó de basalto em doses de até 10 t ha⁻¹ num Cambissolo Húmico tamponado de textura média, THEODORO & LEONARDOS (2006) verificaram que a aplicação de pó de rocha vulcânica, aumentou significativamente o pH, o que pode ser explicado pelo menor poder tampão do solo estudado, NICHELE (2006), entretanto, não verificou diferenças significativas de pH entre os tratamentos num solo similar da região de Lages, SC .

Sendo o pH em água do solo originalmente baixo, com temperaturas amenas durante grande parte do ano que induzem a uma menor atividade microbiana, disso resultam baixas taxas de mineralização do material orgânico, condições que favorecem o seu acúmulo nas condições estudadas. A matéria orgânica funciona como um ácido fraco, agindo sobre o poder tampão do solo em uma ampla faixa de pH.

Os teores de matéria orgânica não diferiram entre os tratamentos em relação à adubação convencional, nas duas profundidades, como pode ser visualizado na tabela 9. Isso provavelmente ocorreu pela manutenção do pH ainda em valores relativamente baixos, fator que contribuiu para as pequenas variações no conteúdo de matéria orgânica entre os tratamentos.

Tabela 9 – Valores de matéria orgânica (dag kg⁻¹) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades						P1 x P2
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)	
CBO	8,41	ns		7,09	ns		*
CB10	8,96	ns		7,66	ns		*
CB20	9,05	ns		7,20	ns		*
CB50	8,92	ns		7,93	ns		ns
CNPK	9,09			7,22			*
B50sc	9,00		ns	7,45		ns	*
CV			10,62%				8,29%

ns – não significativo; * significativo a 5%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

Não houve diferenças nos teores de matéria orgânica (Tabela 9), quando utilizada a maior dose de basalto, com e sem calcário, indicando que a maior elevação do pH no tratamento CB50 não aumentou consideravelmente a atividade microbiana, provavelmente porque a temperatura média da região é baixa e também pelo curto período de avaliação desse efeito. Entre as profundidades foram observadas diferenças para os tratamentos CB0, CB10,

CB20, CNPK e B50sc (Tabela 9), com valores menores de matéria orgânica na camada de 0,2-0,4m (P2), o que era esperado.

Esses resultados concordam com os obtidos com pó de basalto em outros solos tamponados, tais como os de SILVA, (2007), em um Nitossolo Bruno desenvolvido de basalto, e de NICHELE, (2006), em um Cambissolo Húmico de textura média, que não observaram diferenças significativas nos teores de matéria orgânica, tanto pela adição de esterco bovino como pela aplicação do pó de basalto.

O fósforo total presente variou em função dos tratamentos utilizados. Nos tratamentos que sofreram calagem associada ao pó de rocha, a quantidade total de fósforo provém do originalmente presente no solo, da apatita e do esterco, além de pequena quantidade eventualmente presente no calcário. Além disso, também deve sofrer incremento com a dose de pó empregada, já que o basalto utilizado contém 0,45% de P_2O_5 . Já no tratamento calcário com NPK, onde não foi aplicado esterco, deve ser computada a contribuição do fósforo contido no adubo fosfatado, cuja dose correspondeu a $150 \text{ kg } P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$.

Na camada superficial do solo (P1), o fósforo total do tratamento onde foi somente utilizada a calagem do solo (CBO) foi significativamente mais baixo do que o tratamento onde se utilizou adubo solúvel (CNPk), mas este mesmo comportamento não foi verificado em P2 (Tabela 10). Isto pode ter ocorrido em função da maior quantidade de P presente no tratamento com NPK, já que no tratamento CBO a principal fonte adicional de P foi proveniente da apatita, cuja quantidade empregada (300 kg ha^{-1}) corresponde a um valor em torno de $100 \text{ Kg } P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$.

Tabela 10 – Valores de fósforo total (mg dm^{-3}) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades					
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)
CBO	369,24	*		402,11	ns	
CB10	400,07	ns		417,86	ns	
CB20	431,56	ns		377,44	*	
CB50	499,16	ns		422,88	ns	
CNPk	448,32			437,84		
B50sc	406,57		*	387,09		ns
CV			9,71%			10,40%

ns – não significativo; * significativo a 5%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

Na profundidade de 0,2-0,4m, o P total do tratamento com NPK diferiu apenas do tratamento com 20 toneladas do pó de basalto (CB20), conforme indicado na tabela 10, o que pode ser explicado pela ausência das frações de fósforo ligado a fosfatos de ferro e fósforo ocluso nesta profundidade.

Apesar de não terem sido observadas diferenças significativas do tratamento NPK em relação aos tratamentos com doses de basalto associadas à calagem, verifica-se clara tendência de aumento no teor de fósforo total em função do aumento das doses do pó aplicado (Tabela 10), o que se deve provavelmente ao incremento do P contido no pó de basalto.

Na maior dose de pó de basalto aplicada, comparando-se os tratamentos com o pó isolado (B50sc) e o pó associado à calagem (CB50), houve diferença significativa para P-total apenas para a profundidade P1 (Tabela 10). Entre as profundidades, foram observadas diferenças significativas para CB50 provavelmente pela dificuldade de homogeneização dos materiais em profundidade.

Foram observados valores mais altos de fósforo total no tratamento com pó de basalto isolado (B50sc) em relação ao solo original (Tabela 6), evidenciando que a aplicação do pó de basalto contribui para aumentar os teores de fósforo total no solo.

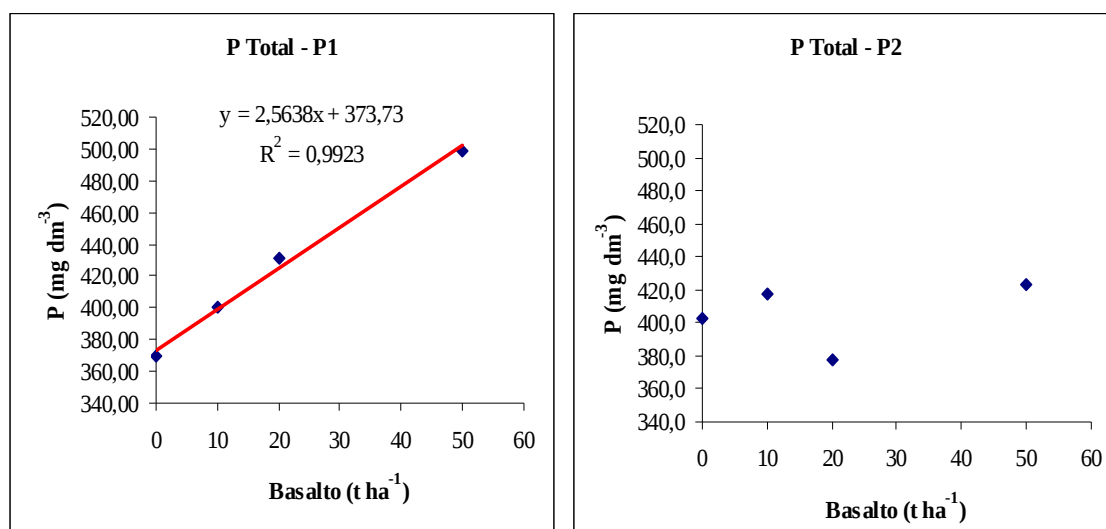


Figura 6 – Teores de fósforo total pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação do experimento, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2).

Foi observado um aumento linear do fósforo total com o aumento das doses de pó de basalto na profundidade P1. Na profundidade P2 este comportamento fica menos evidente (Figura 6), devido aos fatores anteriormente descritos.

Apesar do aumento nos teores de P total com o incremento da dose de pó utilizada, isto não significa que o elemento estará disponível para as culturas, porque ele pode estar ligado a fosfatos de ferro e fósforo ocluso nesta profundidade.

Na camada de 0 a 0,2m, houveram diferenças no teor de P extraível pelo método Mehlich1 (P-Mehlich), onde os tratamentos CB0 e CB50 diferiram do tratamento CNPK a 5% de significância, e o CB20 diferiu tratamento CNPK a 1% de significância (Tabela 11). O tratamento CNPK foi superior apenas aos tratamentos onde foi utilizado só calcário (CB0) ou só 50 t de pó de basalto isolado (Tabela 11). Ou seja, somente onde o pó de basalto foi associado à calagem os teores de P-Mehlich foram maiores. Este comportamento não pode ser convenientemente explicado.

Os tratamentos CB20 e CB50 apresentaram valores de P-Mehlich maiores que o tratamento CNPK, onde o pó de basalto mais o efeito aditivo do fosfato natural aumentaram em até 4 mg dm⁻³ os teores de P no solo. Essa maior disponibilidade de P pode estar relacionada à presença de altos teores de silício (Si) presentes no pó do basalto, visto que este elemento desloca o P dos sítios de adsorção (ou ocupa-os preferencialmente) na argila e nos sesquióxidos (GRASSI FILHO, 2003), reduzindo assim, sua adsorção.

Na profundidade de 0,2-0,4m (P2), o tratamento CB20 diferiu do CNPK a 5% de significância, e CB0 e CB50 a 1% de significância, conforme é mostrado na tabela 11.

Tabela 11 – Valores de fósforo Mehlich 1 (mg dm⁻³) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades					
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)
CBO	2,82	*		1,84	**	
CB10	4,43	ns		4,10	ns	
CB20	7,24	**		3,36	*	
CB50	5,49	*		1,96	**	
CNPK	3,92			4,70		
B50 sc	2,15		*	3,75		**
CV			21,16%			14,03%

ns – não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

O aumento dos teores de fósforo em superfície nos tratamentos com pó de basalto pode ser considerado expressivo, concordando com SILVA (2007), que em um Nitossolo Bruno de textura muito argilosa, também observou aumentos nos teores de fósforo extraível com aplicação de pó de basalto. O mesmo foi constatado por NICHELE (2006) num Cambissolo Húmico de textura média. MOTTA et al. (1992) verificaram grande aumento no P extraído pelo método ácido Mehlich 1 em solos fertilizados com pó de rocha, principalmente em solos com baixo teor de argila.

Porém, os resultados devem ser interpretados com cautela, uma vez que foi utilizado o extrator Mehlich-1, constituído de uma mistura diluída de ácidos, o qual tende a superestimar a concentração do elemento em solos quando são aplicados fosfatos naturais, não fornecendo valores confiáveis do “P disponível” (NOVAIS & SMYTH, 1999).

Quanto às maiores doses de basalto, com e sem calagem associada, foram observadas diferenças significativas em P1 e a em P2, onde CB50 apresentou maiores teores na camada de 0,2-0,4m quando comparado a B50sc (Tabela 11). Em P2, o tratamento com a maior dose de basalto isolada (B50sc) resultou em valores de P-Mehlich maiores que o CB50. Nesta camada, também os valores de pH foram mais baixos (Tabela 7), o que pode ter contribuído para um maior intemperismo do pó de basalto, ou pela dificuldade de homogeneização dos tratamentos ao solo em profundidade, ou ainda pela descida dos fosfatos em solução carregados pela água (Tabela 11). O fósforo foi influenciado pela interação entre tratamento e profundidade. Entre as profundidades foram observadas diferenças a 1 e 5% de significância, para B0, B20, B50 e B50sc (Tabela 11). Os menores valores de P-Mehlich em profundidade são provavelmente decorrentes da dificuldade de homogeneização.

O aumento nos teores de P disponível seguido da aplicação de pó de basalto também foi verificado por ESCOSTEGUY (1987) em solos de textura arenosa do Rio Grande do Sul e FEIDEN (1991) em um Latossolo Vermelho Escuro de textura média, localizado no município de Terra Roxa do Oeste – PR. Esses maiores acréscimos de P disponível foram obtidos principalmente em solos de textura arenosa, nos quais se tem mais P disponível quando da adição de P, segundo BAHIA FILHO et al. (1993). Segundo MOTTA e FEIDEN (1993), grandes acréscimos são dependentes do método de extração utilizado, onde os de composição ácida extraem quantidades superiores ao das resinas trocadoras de íons, sendo um indicativo de que o ataque ácido sobre o P contido nos minerais da rocha, causa uma super estimação dos valores reais.

Foi realizada análise de regressão para verificar efeitos de incremento dos teores de P-Mehlich com o aumento das doses de pó de basalto aplicadas, (Figura 6). Em (P1) e (P2) os incrementos foram crescentes até a dose de 20 t ha⁻¹ de pó de basalto. Esse efeito possivelmente ocorreu pela dissolução do fósforo ocluído e que estava adsorvido por ligações químicas fortes, que pelo uso de ácidos fortes foi solubilizada.

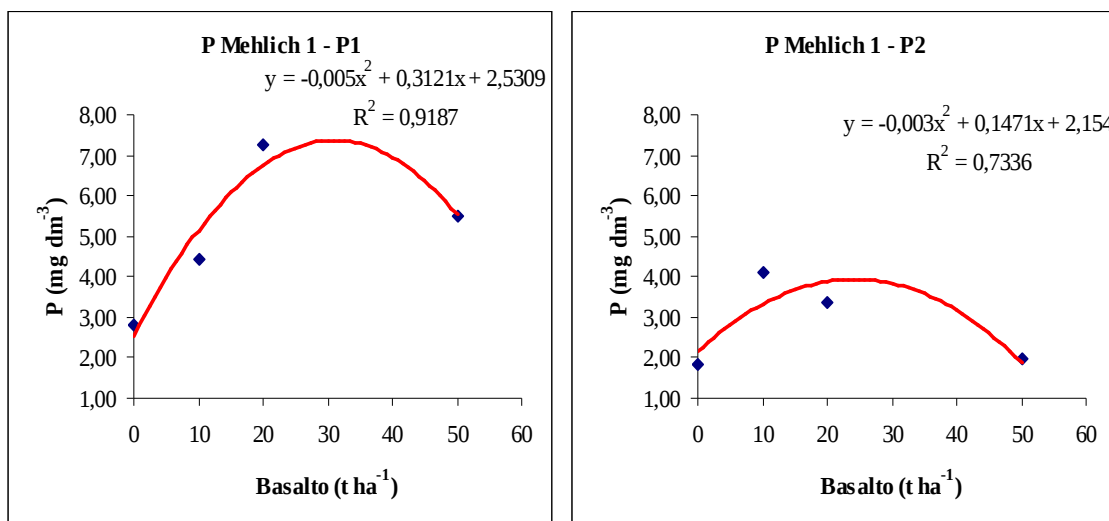


Figura 7 – Teores de P-Mehlich pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2)

Para o fósforo extraível pela resina trocadora de ânions (RTA), em P1 os teores foram significativamente menores nos tratamentos com pó de basalto em relação ao tratamento CNPK (Tabela 12). Em P2 os teores de P foram significativamente mais baixos somente para CBO do que o CNPK, mais altos no tratamento CB20 e não significativos nos demais, denotando um comportamento bastante variável em função dos tratamentos. Os valores de P, de modo geral, situaram-se em patamares bastante baixos (abaixo de 3 mg dm⁻³). Portanto, embora tenham diferenças significativas dos valores do ponto de vista estatístico, estas tem pouco significado prático, já que se situam dentro de um mesmo intervalo de classes de teores.

A resina trocadora de ânions (RTA) apresentou menor capacidade de extração se de P quando comparada ao método Mehlich 1 (Tabelas 11 e 12). Os teores médios de P-RTA (1,9894 mg dm⁻³) foram aproximadamente a metade do P-Mehlich a (4,7824 mg dm⁻³). O método P-RTA é considerado mais eficiente do que P-Mehlich 1 na identificação do P mais prontamente disponível, como relatado por Gatiboni (2003), devido o efeito de readsorção de fósforo durante a extração pelo método de Mehlich 1, que foi verificado no trabalho.

Quanto às maiores doses de basalto (CB50 e B50sc), não foram observadas diferenças significativas nas duas profundidades (Tabela 12), mas os teores de P-RTA foram maiores em B50sc, o que pode ser devido a maior liberação de P do pó de rocha no tratamento sem calcário, devido à condição mais ácida do solo.

Tabela 12 – Valores de fósforo RTA (mg dm^{-3}) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades						P1 x P2
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)	
CBO	1,43	**		0,29	**		**
CB10	1,89	**		1,47	ns		*
CB20	2,08	**		2,20	**		ns
CB50	1,84	**		1,48	ns		*
CNPK	2,71			1,47			**
B50 sc	2,69		ns	2,14		ns	*
CV			9,50%				12,46%

ns – não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

O P-RTA foi influenciado pela interação entre tratamento e profundidade. Entre as profundidades foram observadas diferenças a 1%, para CB0, CNPK (Tabela 12), para CB10, CB50 e B50sc a diferença foi de 5% de significância, provavelmente pela baixa mobilidade do fósforo no solo, reações físico-químicas, como adsorção, dessorção, precipitação e processos biológicos, como imobilização do P inorgânico e mineralização do P orgânico (Vargas & Hungria, 1997).

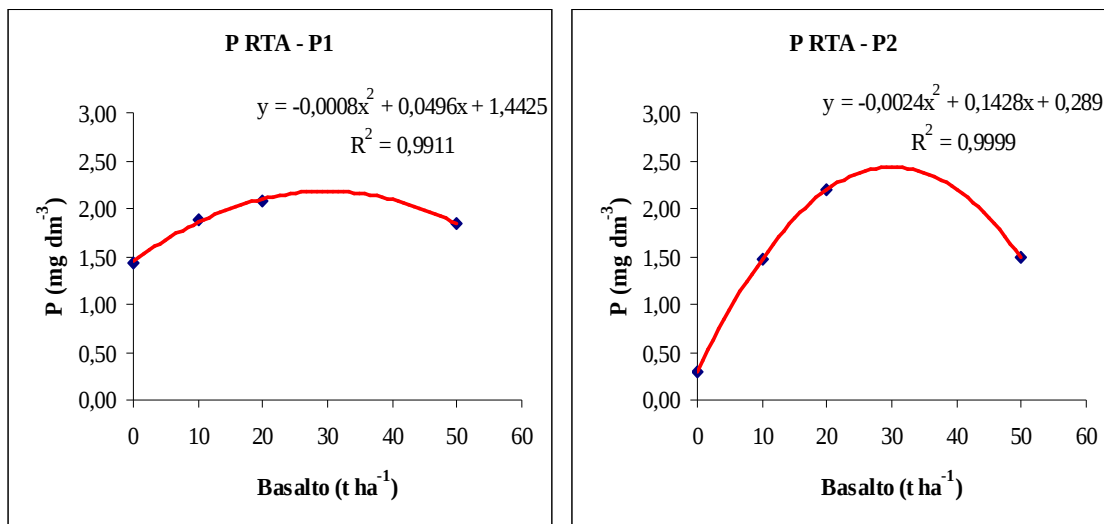


Figura 8 – Teores de P-RTA pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2)

Nas duas profundidades foi observada uma resposta quadrática do P-RTA com o aumento das doses de pó de basalto, tal como ocorrido para o P-Mehlich, mas os valores de P foram em geral extremamente baixos (Tabela 12), portanto com pouco significado prático.

Os tratamentos com pó de basalto, ou somente a calagem não modificaram os teores de potássio na camada superficial (0-0,2m) em relação ao tratamento CNPK. Já na camada de 0,2-0,4m (P2) apenas no tratamento CB0 o teor de K foi significativamente mais baixo do que o CNPK (Tabela 13). Entretanto, todos os tratamentos resultaram em teores de potássio superiores aos encontrados antes da implantação do experimento (Tabela 6). Considerando isso, várias hipóteses podem ser consideradas. No tratamento somente com calcário, o K pode ter aumentado pela contribuição do K proveniente do pó de granito aplicado ou do esterco. Nos tratamentos com pó de basalto, também pela contribuição da dissolução parcial dos minerais contidos nesta rocha. NICHELE (2006) verificou maiores teores de potássio nos tratamentos onde foi aplicado o adubo solúvel em relação aos tratamentos com pós de rocha, atribuindo este efeito a maior disponibilidade do elemento no adubo.

Não foi observado nenhum aumento dos teores de K pelo aumento da dose de pó de basalto aplicada, concordando com Motta et al (1992) que avaliando o efeito da aplicação de doses de basalto variando de 0 a 50 t ha⁻¹ em um LVd e um LVdf não observaram alterações nos teores de potássio disponíveis. Isto era esperado, uma vez que a dissolução dos minerais contendo K nos pós utilizados é lenta, concordando com GILLMAN (1980) e FEINDEN

(1991), discordando de SILVA (2007), que verificou que os maiores teores foram encontrados nos tratamentos que havia associação do pó de basalto com esterco bovino.

Tabela 13 – Valores de potássio (mg dm^{-3}) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades						P1 x P2
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)	
CBO	67,25	ns		63,00	*		ns
CB10	84,50	ns		85,75	ns		ns
CB20	67,25	ns		67,25	ns		ns
CB50	68,50	ns		68,50	ns		ns
CNPK	77,75			77,75			ns
B50 sc	95,50		*	95,50		*	ns
CV			11,82%				6,70%

ns – não significativo; * significativo a 5%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

ESCOSTEGUY et al. (1998) em um Latossolo Vermelho e em um Podzólico Vermelho-Amarelo incubados com doses de 0 a 100 t ha^{-1} de pó de basalto em um período de 300 dias, verificaram aumentos nos teores de potássio no período de incubação. KNAPIK (2005) também observou que a adição de pó de basalto contribuiu para o aumento de potássio atingindo valores semelhantes aos tratamentos com adubos solúveis.

Quanto às maiores doses de basalto, foram observadas diferenças significativas nas duas profundidades (Tabela 13). Os teores de potássio foram maiores em B50sc, provavelmente pelo pH mais baixo deste tratamento promover um maior grau de intemperização dos minerais potássicos do granito e do pó de basalto (ortoclásio).

Não houve interação entre tratamento e profundidade para o potássio trocável (Tabela 13), concordando em parte com FEIDEN (1991) que verificou alterações nos teores de potássio trocável somente em dosagens superiores a 50 t ha^{-1} de pó de basalto.

O calcário dolomítico previamente incorporado ao solo foi a principal fonte de Ca e de Mg nos tratamentos que receberam calagem, embora estes elementos também estejam presentes no pó de basalto adicionado ao solo.

Tabela 14 – Valores de cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades						P1 x P2
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)	
CBO	3,89	*		4,02	*		ns
CB10	3,97	*		3,85	*		ns
CB20	4,45	ns		3,96	ns		ns
CB50	4,90	ns		4,18	ns		*
CNPK	4,73			3,65			*
B50 sc	4,56		*	3,95		ns	ns
CV			12,93%				10,19%

ns – não significativo; * significativo a 5%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

Em P1 e P2 foram observadas diferenças significativas para os tratamentos CB0 e CB10 em comparação ao CNPK (Tabela 14), com valores mais altos neste último. Já o mesmo não se observa quando o tratamento CNPK é comparado com aquelas onde doses acima de 10 t ha^{-1} de basalto foram empregadas em associação com a calagem, onde os valores de Ca foram similares. Contudo espera-se que, principalmente nas doses maiores de pó de basalto venha ocorrer em anos subsequentes uma liberação maior de cálcio, pois se trata de uma rocha ferro-magnésiana que apresenta grandes quantidades de óxidos de cálcio e magnésio.

Quanto as maiores doses de pó de basalto (50 t ha^{-1}), com e sem correção de pH para 5,2, foram observadas diferenças significativas para este contraste (Tabela 14), onde o tratamento CB50 apresentou maiores teores de cálcio do que o tratamento com apenas o pó, provavelmente pelo efeito aditivo do pó de basalto após correção do pH para 5,2, o que pode ter influenciado diretamente sobre os sítios de adsorção e a troca de cátions. O cálcio foi influenciado pela interação entre tratamento e profundidade. Foram observadas diferenças em CB50 e CNPK. Provavelmente essa diferença decorra da dificuldade de homogeneização dos tratamentos em profundidade, pois em P1 os teores de cálcio foram superiores a P2.

A aplicação do pó de basalto isolado aumentou os teores de cálcio no solo, pois o tratamento CB50sc resultou em valores mais altos deste elemento quando comparado aos teores do solo em condições naturais (Tabela 6), evidenciando que esse aumento se deu e exclusivamente pelo efeito da aplicação do pó de basalto.

Todavia, os teores de cálcio estão muito abaixo dos teores adicionados, o que revela que, mesmo o material sendo finamente moído, apresenta lenta liberação dos nutrientes pelas

reações naturais de intemperismo. Resultados similares foram encontrados por GILLMAN (1980) MOTTA et al. (1992), NICHELE (2006) e SILVA (2007). Em contraposição, MELFI e LEVI (1971) citam o cálcio como um dos elementos mais facilmente liberados no pó e com HIPOLITO (1972) citado por FEIDEN (1991) que relata que mesmo considerando que os teores totais de cálcio no basalto não sejam muito altos, o elemento deveria apresentar maior solubilidade, pois o cálcio está contido nas vesículas de carbonatos e nos feldspatos calcosódicos de fácil intemperização. Já ESCOSTEGUY et al. (1998) em um Latossolo Vermelho e em um Podzólico Vermelho-Amarelo, verificaram aumentos nos teores de cálcio somente pela aplicação de 100 t ha^{-1} de pó de basalto.

Foi realizada análise de regressão para verificar efeitos do incremento dos teores de cálcio, em relação às doses de pó de basalto aplicadas (Figura 8). Em (P1) e (P2) foram observadas respostas lineares no aumento dos teores de cálcio com o aumento das doses de pó de basalto. Como todos esses tratamentos receberam a mesma dose de calcário, o incremento se deve, portanto a liberação adicional de cálcio proveniente do intemperismo do pó de basalto.

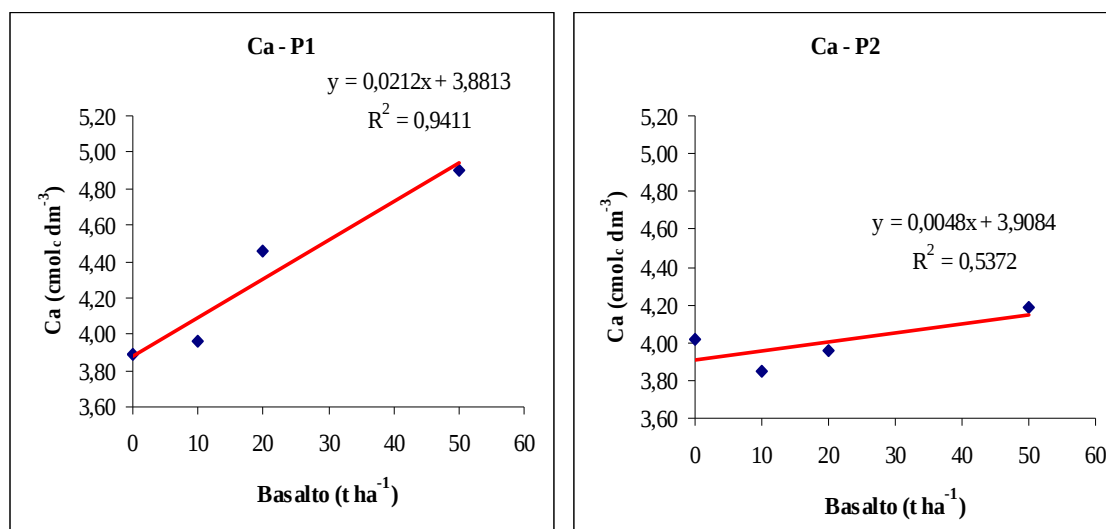


Figura 9 – Teores de cálcio pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2)

Foram verificadas diferenças significativas no teor de magnésio trocável para o tratamento CB0 em comparação ao tratamento com calagem associada ao adubo solúvel (CNPk), nas duas profundidades avaliadas (Tabela 15), com valores mais altos neste último.

Tabela 15 – Valores de magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades						P1 x P2
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)	
CBO	1,10	*		1,59	*		*
CB10	1,35	ns		1,14	ns		ns
CB20	1,96	ns		1,41	*		*
CB50	1,79	ns		1,73	*		ns
CNPK	1,76			0,86			*
B50 sc	1,67		*	0,90		*	*
CV			22,57%				20,41%

ns – não significativo; * significativo a 5%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

Da mesma forma como ocorrido para o cálcio, constata-se assim ligeira contribuição do pó de basalto na liberação do magnésio. Na profundidade P2, os dados foram inconstantes, durante o passar dos anos espera-se maior contribuição do pó de basalto para elevar os teores de magnésio.

NICHELE (2006) e SILVA (2007) avaliaram o efeito da aplicação do pó de basalto em doses crescentes de até 10 t ha^{-1} e não verificaram diferenças significativas dos teores de Mg entre os tratamentos, mas ambos observaram aumentos nos teores de magnésio com o incremento da dose do pó de basalto. Já Motta et al. (1992) avaliando o efeito da aplicação de doses de basalto variando de 0 a 50 t ha^{-1} , observou que a liberação de Mg pelo pó de basalto é muito baixa.

Quanto à maior dose de pó de basalto utilizada, os tratamentos com e sem calcário diferiram entre si, nas duas profundidades, mostrando que o efeito aditivo do pó mais o calcário no tratamento CB50 contribuíram para aumentar os teores de magnésio em relação à aplicação do pó isolado (Tabela 15).

O Mg foi influenciado pela interação entre tratamento e profundidade. Foram observadas diferenças significativas para os tratamentos CB0, B20, CNPK e B50sc (Tabela 15). Este comportamento deveu-se à maior dificuldade de incorporação do calcário em profundidade, resultando em teores de Mg ligeiramente menores na camada de 0,2-0,4m (P2) do que na superfície.

Foram observados aumentos expressivos nos teores de Mg no tratamento com pó de basalto isolado (B50sc) em relação ao solo original (Tabela 6), evidenciando que a aplicação

do pó de basalto contribui para aumentar os teores de Mg e para o aumento da fertilidade de solos pobres e com alto poder tampão.

Foi observada resposta quadrática do magnésio com o aumento das doses de pó de basalto, o qual fica mais evidente na profundidade P1 (Figura 10), provavelmente devido à maior facilidade de homogeneização dos tratamentos nesta camada. O aumento dos teores de Mg foi ascendente com o aumento das doses de pó de basalto aplicadas, não apresentando mais respostas positivas com o aumento da doses. Apesar do aumento nos teores de Mg disponível com o incremento da dose de pó utilizada, isto não significa que o elemento estará prontamente disponível para as culturas.

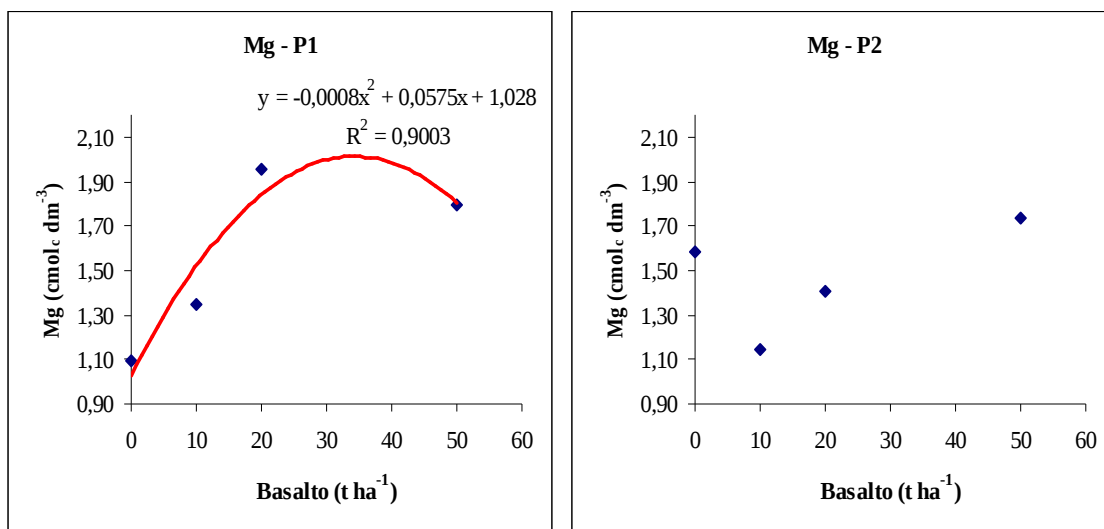


Figura 10 – Teores de magnésio pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2)

Os teores de cálcio e magnésio apresentam relação direta com os teores de alumínio trocável, os quais condicionam diretamente o pH e o poder tampão solo.

Na camada superficial do solo (P1), foram verificadas diferenças significativas em nível de 1 e 5% para o alumínio trocável, onde os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 apresentaram teores mais altos que o tratamento CNPK (Tabela 16), mas este mesmo comportamento não foi verificado em P2 para todos os tratamentos.

Na profundidade de 0,2 – 0,4m, os teores de Al trocável foram mais altos que o CNPK apenas no tratamento CB10, não diferindo nos demais tratamentos, conforme indicado na tabela 16. Observa-se, por outro lado, que os níveis médios de Al trocável na camada mais profunda foram expressivamente mais altos que em superfície, indicando que deve ter

ocorrido falha na homogeneização dos produtos utilizados em profundidade, causando assim maior desuniformidade nos valores.

Os maiores teores de alumínio trocável nos tratamentos com pó de rocha em relação ao CNPK, provavelmente se devem ao maior aporte deste elemento proveniente do pó de basalto e granito feldspático, pois a forma de NPK adicionada não apresenta o elemento alumínio na sua composição. ANJOS et al. (1991) constataram um decréscimo nos valores de pH e aumento do Al trocável com o aumento do tempo de incubação do pó de basalto indicando um possível efeito de tamponamento após a correção das formas de rápida neutralização deste elemento. NICHELE (2006), SILVA (2007) e MOTTA et al (1992), não observaram diferenças estatísticas nos teores de alumínio trocável pela aplicação pó do de basalto. Já KUDLA et al (1996) avaliaram o efeito de doses crescentes de pó de basalto (0 a 225 t ha⁻¹) e observaram decréscimo nos valores de Al trocável, embora tenha havido pequena mudança nos valores de pH, o que segundo os autores pode ser devido a outras reações no solo.

O comportamento do Al difere em parte do descrito por ERNANI & ALMEIDA (1986) segundo os quais o aumento do pH para valores em torno de 5,5 proporcionam a diminuição dos teores de Al trocável, o qual precipita quando o solo atinge pH na faixa de 5,5. No solo estudado, os valores de pH nos tratamentos com calcário (associado ou não ao pó de basalto) situaram-se em valores em torno ou ligeiramente acima de 5,5 (Tabela 8), mas mesmo assim, os teores de Al constatados são ainda expressivos.

Tabela 16 – Valores de alumínio (cmol_c dm⁻³) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades						P1 x P2
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)	
CBO	1,47	**		2,24	ns		**
CB10	1,01	*		3,27	**		**
CB20	1,76	**		2,54	ns		**
CB50	1,59	**		2,33	ns		**
CNPK	0,64			2,36			**
B50 sc	1,29		**	2,86		**	**
CV			7,56%				9,82%

ns – não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

O alumínio trocável foi influenciado pela interação entre tratamento e profundidade, onde foram observadas diferenças significativas para todos os tratamentos (Tabela 16). Este comportamento deveu-se a melhor homogeneização do calcário em superfície, reduzindo mais os teores de Al em P1, mas o mesmo comportamento não foi verificado em P2, provavelmente relacionado ao alto poder tampão do solo.

Quanto à maior dose de basalto utilizada (50 ton ha^{-1}), com e sem calcário, os teores de Al diferiram entre si, nas duas profundidades. Na camada superficial, onde os materiais foram melhor distribuídos e homogeneizados, os valores de Al no tratamento apenas com o pó de basalto foram menores do que quando esta dose foi associada ao calcário (Tabela 16). Tal comportamento não pode ser convenientemente explicado. Entretanto, observou-se que na profundidade de 0,2-0,4m, os teores de Al trocável foram expressivamente mais altos quando comparados à camada superficial.

Foi observada resposta quadrática do Al trocável com o aumento das doses de pó de basalto na profundidade P1 e P2 (Figura 11), porém pouco representativa pelas pequenas diferenças entre os valores. Na profundidade P1 este comportamento fica menos evidente, provavelmente devido ao efeito da aplicação do calcário nos tratamentos nesta camada. Em P2, a diminuição dos teores de Al trocável foi mais evidente pelo aumento das doses de pó de basalto aplicadas, diminuindo assim o efeito danoso sobre o crescimento das raízes, contribuindo para uma maior área de solo explorada pelas culturas.

Foram observados valores de Al trocável altos no solo original (Tabela 6), em relação ao tratamento com pó de basalto isolado B50sc (Tabela 16) evidenciando que a aplicação do pó de basalto teve um efeito particular de reduzir os teores de Al trocável para as duas profundidades em média para $2,1035 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, contribuindo assim para diminuir os teores de Al trocável, principalmente em solos com altos teores de matéria orgânica que conferem um alto poder tampão.

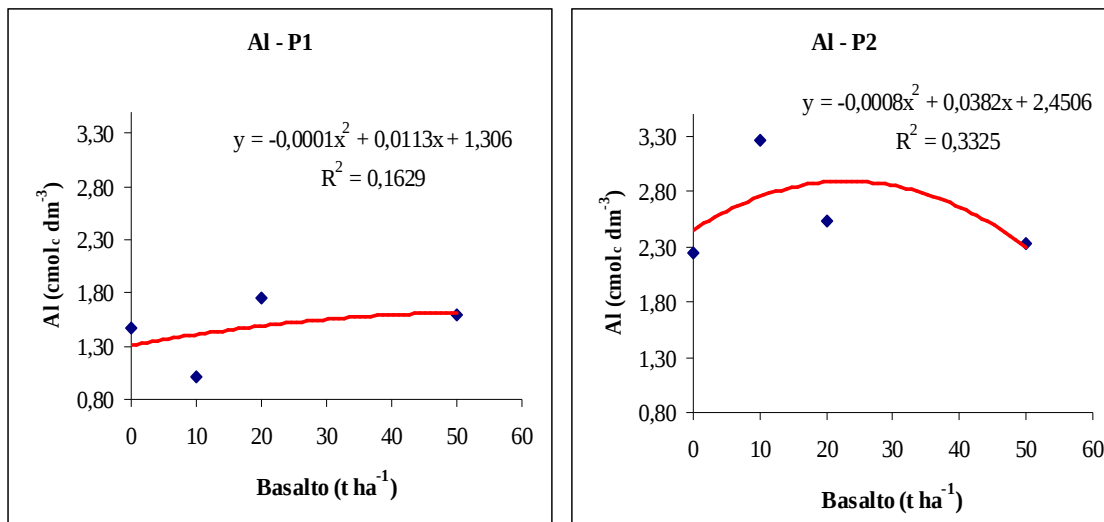


Figura 11 – Valores de alumínio trocável pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2)

Na camada superficial do solo (P1), foram verificadas diferenças significativas para soma de bases somente para os tratamentos CB0 e CB10, que apresentaram teores menores que o CNPK (Tabela 17).

Na profundidade 0,2–0,4m, os valores de soma de bases foram superiores somente nos tratamentos CB0 e CB50 em comparação com o CNPK, os quais diferiram estatisticamente em nível de 5%, conforme indicado na tabela 17. Isto pode ter ocorrido pela melhor homogeneização dos produtos utilizados nesta profundidade para estes tratamentos, os quais resultaram em maiores valores de soma de bases.

A soma de bases foi influenciada pela interação entre tratamento e profundidade. Foram observadas diferenças significativas para os tratamentos CB20, CNPK e B50sc (Tabela 17).

Tabela 17 – Valores de soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades						P1 x P2
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)	
CBO	5,16	*		5,77	*		ns
CB10	5,53	*		5,21	ns		ns
CB20	6,58	ns		5,54	ns		*
CB50	6,87	ns		6,09	*		ns
CNPK	6,69			4,71			*
B50 sc	6,48		*	5,10		ns	*
CV			12,99%				10,57%

ns – não significativo; * significativo a 5%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

Este comportamento pode ser atribuído à maior dificuldade de incorporação do calcário e dos pós de rocha em profundidade, resultando em valores de soma de bases ligeiramente menores na camada de 0,2-0,4m (P2) do que na superfície.

Na maior dose de basalto utilizada, com e sem calcário, houve diferença apenas na camada superficial do solo (P1), com valor mais alto da soma de bases no tratamento onde o pó foi associado ao calcário (Tabela 17).

Foi observada resposta quadrática para soma de bases com o aumento das doses de pó de basalto na profundidade P1 (Figura 12). Observa-se incremento nos valores de S até a dose em torno de 40 ton ha^{-1} , assemelhando-se assim, ao comportamento observado para o magnésio trocável.

Foram observados valores baixos de soma de bases no solo original (Tabela 6), em comparação com o tratamento com pó de basalto isolado B50sc (Tabela 17), evidenciando que a aplicação do pó de basalto aumentou os valores de soma de bases para as duas profundidades, contribuindo assim para aumentar a fertilidade do solo, principalmente em solos com altos teores de matéria orgânica, que conferem um alto poder tampão.

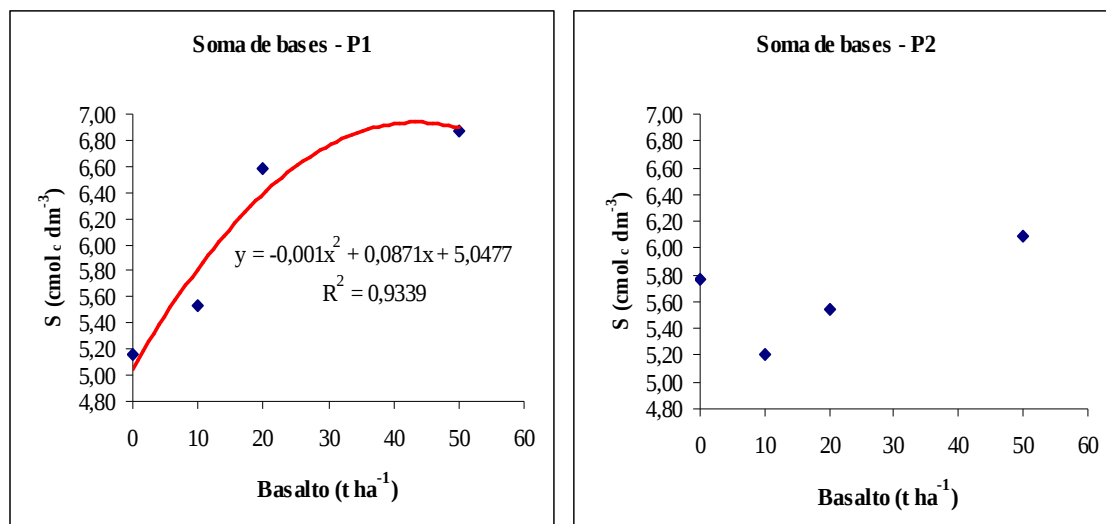


Figura 12 – Valores de soma de bases pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2)

Na camada superficial do solo (P1), foram verificadas diferenças significativas para saturação por bases onde o tratamento CB0 apresentou valores mais baixos e CB20 mais altos do que o tratamento CNPK (Tabela 18). No último caso, isto provavelmente ocorreu pelo efeito aditivo dos pós de rocha com o calcário, contribuindo assim para uma maior liberação de Ca e Mg ao solo.

Tabela 18 – Valores de saturação de bases ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) para os diferentes tratamentos, nas duas profundidades de amostragem. Média de quatro repetições

Tratamento	Profundidades						P1 x P2
	P1	(1)	(2)	P2	(1)	(2)	
CBO	15,25	*		15,50	ns		ns
CB10	20,25	ns		15,25	ns		**
CB20	22,50	*		17,75	*		*
CB50	19,25	ns		17,50	*		ns
CNPK	18,25			13,75			*
B50 sc	14,25		ns	14,00		ns	ns
CV			13,50%				8,22%

ns – não significativo; * significativo a 5%

(1) Comparação entre os tratamentos CB0, CB10, CB20 e CB50 com relação ao tratamento CNPK pelo teste de Dunnett

(2) Comparação entre os tratamentos CB50 e B50sc pelo teste F

A saturação de bases foi influenciada pela interação entre tratamento e profundidade para os tratamentos CB10, CB20 e CNPK (Tabela 18).

Os tratamentos onde a maior dose de pó de basalto foi utilizada, tanto na forma isolada como quando associado ao calcário, não diferiram entre si, embora o pó isolado tenha resultado em saturação por bases mais baixas do que aquele (Tabela 18).

Na figura 13, observa-se aumento dos valores de saturação de bases pelo aumento das doses de pó de basalto aplicadas, com valor máximo em torno de 35 t ha⁻¹, decrescendo com o aumento das doses.

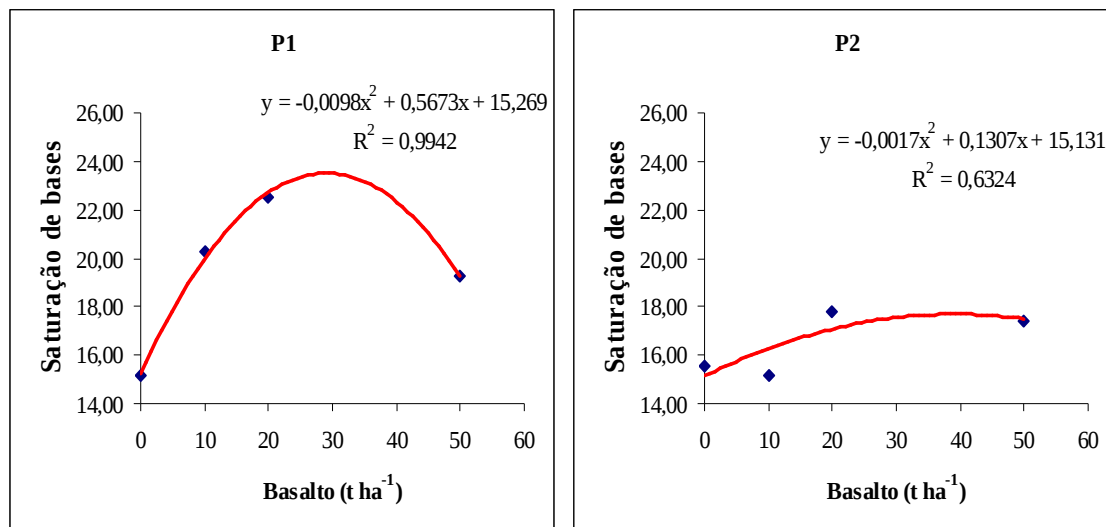


Figura 13 – Valores de saturação de bases pela aplicação de doses crescentes do pó de basalto após um ano de implantação, nas profundidades 0 - 0,2m (P1) e de 0,2 - 0,4m (P2)

Mesmo não tendo sido observados incrementos significativos nos valores de pH do solo, aumento dos teores de Ca e Mg, bem como de outros nutrientes, manifestam-se assim como aumento da fertilidade com o emprego do pó de basalto. Estes resultados, entretanto, devem ser interpretados com cautela, pois as respostas podem variar para cada tipo de solo.

Foram observados valores baixos de saturação de bases no solo original (Tabela 6), em relação ao tratamento com pó de basalto isolado B50sc (Tabela 18) evidenciando que a aplicação do pó de basalto aumentou os valores para as duas profundidades.

Mesmo tendo sido observadas diferenças significativas entre os tratamentos, tanto para cálcio como para magnésio, essas não foram muito expressivas no sentido aumentar o pH do solo, fator que está diretamente relacionado aos teores de alumínio trocável, que juntamente com os altos conteúdos de matéria orgânica, conferem ao solo estudado um alto poder tampão. Com o passar dos anos espera-se uma maior contribuição do pó de basalto para elevar o pH do solo, pelo aumento dos teores de Ca e Mg, diminuição dos elementos tóxicos as plantas (Al e Mn) e aumento no conteúdo de outros elementos essenciais às plantas. Isto

poderá contribuir para aumentar a fertilidade desses solos e restabelecer um equilíbrio dinâmico no solo, estabelecendo uma relação solo-planta ideal para que as culturas possam completar seus ciclos sem deficiências nutricionais podendo assim expressar todo o seu potencial produtivo.

3.2. ANÁLISE QUÍMICA DAS FOLHAS DE Videira

Para a análise química dos nutrientes nos tecidos foliares da videira não foram observadas diferenças significativas pelo teste de Dunnet para N, Ca, Mg, P e K nos tratamentos (Tabela 19), quando comparados ao CNPK. Todos os macronutrientes foliares foram avaliados, para verificar se estavam dentro da faixa de suficiência para a cultura da videira segundo o manual de adubação e calagem do RS/SC (CQFS – RS/SC, 2004).

Para nitrogênio (N) não houve diferenças significativas dos tratamentos com pó de basalto quando comparados ao tratamento com adubo solúvel, (Tabela 19), demonstrando que não foi limitante para a variedade utilizada, provavelmente pelos altos teores de matéria orgânica do solo, que disponibilizou a quantidade necessária para a planta realizar seu ciclo. Em todos os tratamentos os teores de N estavam na concentração acima do normal. Estes dados concordam com os obtidos por NICHELE (2006) e SILVA (2007), que avaliaram o efeito das doses crescentes de pó de basalto na nutrição de feijão e também não verificaram diferenças significativas nos teores de nitrogênio foliar pela aplicação do pó de basalto. Já FEIDEN (1991) avaliando os teores de N no grão de trigo e nas folhas não observou alterações dos teores de N na matéria seca pela aplicação do pó de basalto.

É muito importante frisar, que nenhum trabalho consultado cita o pó de basalto como fonte de nitrogênio, ao contrário, todos salientam a necessidade de se fazer a adubação nitrogenada com fontes solúveis ou orgânicas (EVANS, 1947; BABARCZY, 1954 e D' HOTMANN DE VILLIERS, 1961).

Para cálcio (Ca) não foram observadas diferenças significativas dos tratamentos com pó de basalto quando comparados ao tratamento com adubo solúvel, (Tabela 19), pois o mesmo foi adicionado ao solo via calcário, ou liberado pelo intemperismo dos minerais da rocha.

Tabela 19 – Valores dos elementos químicos nas folhas de videira testados pelo teste de Dunnet para os diferentes tratamentos. Médias de quatro repetições

Tratamento	N	Ca	Mg	P	K
			----- % -----		
CBO	2,6913 ns	2,2550 ns	0,4950 ns	0,1632 ns	0,5156 ns
CB10	2,4297 ns	2,1120 ns	0,3630 ns	0,1699 ns	0,4193 ns
CB20	2,59791 ns	2,2220 ns	0,3960 ns	0,1739 ns	0,3713 ns
CB50	2,5745 ns	1,9690 ns	0,3960 ns	0,1719 ns	0,4538 ns
CNPK	2,4483	2,2000	0,4620	0,1775	0,3781

ns - não significativo; CV= 13,75

Todos os tratamentos apresentaram faixas de teores de Ca normal. O tratamento B50sc apresentou maiores teores de Ca na folha quando aplicado isolado do que em relação ao tratamento CB50 associado ao calcário. Provavelmente esse efeito tenha ocorrido pela maior contribuição da intemperização do pó de basalto que é favorecida em meios ácidos, contribuindo assim para que houvesse maiores teores de Ca disponível nesse tratamento quando comparado aos demais. NICHELE (2006) e SILVA (2007) também avaliaram o efeito das doses crescentes de pó de basalto na nutrição de feijão, e não verificaram diferenças significativas nos teores de cálcio foliar pela aplicação de basalto.

Já FEIDEN (1991) avaliando os teores de N no grão de trigo e folhas não observou acréscimos dos teores de Ca na matéria seca foliar pela aplicação do pó de basalto. NEMEC (1952) avaliando folhas de essências florestais onde foi aplicado basalto isolado ou acompanhado de calcário observou aumentos consideráveis nos teores de Ca e N.

Para magnésio (Mg) não foram observadas diferenças significativas dos tratamentos com pó de basalto quando comparados ao tratamento com adubo solúvel, (Tabela 19), pois o mesmo foi adicionado ao solo via calcário ou liberado pelo intemperismo dos minerais da rocha. Todos os tratamentos apresentaram faixas de teores de Mg normal de acordo com CQFS – RS/SC (2004). O tratamento B50sc apresentou maiores teores de Mg na folha do que no tratamento CB50 associado ao calcário. Provavelmente esse efeito tenha ocorrido pela maior contribuição da intemperização do pó de basalto que é favorecida em meios ácidos, contribuindo assim para que houvesse maiores teores de Mg disponível nesse tratamento quando comparado aos demais. NICHELE (2006) e SILVA (2007) avaliaram o efeito das doses crescentes de pó de basalto na nutrição de feijão e também não verificaram diferenças significativas nos teores de magnésio foliar pela aplicação de basalto.

Já FEIDEN (1991) avaliando os teores de Mg no grão de trigo e folhas observou pequenos acréscimos dos teores de Mg na matéria seca foliar pela aplicação do pó de basalto.

Conforme GILLMAN et al. (2001); HILDEBRAND & SCHACK-KIRCHNER (2000); VON WILPERT E LUKES (2003) e MOTTA et al. (1992), o pó de basalto é uma fonte potencial de Ca e Mg para as plantas, o que nos leva a acreditar que a hipótese de que o pó de basalto contribui para o aumento nos teores desses elementos na solução do solo e, conseqüentemente, para sua maior absorção pela planta, são de fato relevantes. Entretanto, os resultados devem ser interpretados com cautela, já que no caso do tratamento B50sc, esses elementos podem ter sido fornecidos pelo próprio solo, já que o experimento não contou com um tratamento testemunha sem o pó, ou sem o calcário.

Para fósforo (P) não foram observadas diferenças significativas dos tratamentos com pó de basalto quando comparados ao tratamento com adubo solúvel, (Tabela 19). Todos os tratamentos apresentaram faixas de teores de P normal de acordo com (CQFS – RS/SC, 2004). O tratamento B50sc apresentou menores teores de P na folha do que no tratamento CB50 onde a mesma dose do pó estava associada ao calcário, o que não pode ser convenientemente explicado. Neste tratamento, a fonte potencial de fósforo seria da apatita adicionada, aliada eventual liberação de fósforo proveniente do intemperismo do pó de basalto. Uma hipótese aventada é a de que, mesmo havendo liberação do P destas fontes, o elemento possa ter sido reprecipitado em óxidos, já que o pH deste tratamento foi mais baixo (5,14, conforme Tabela 7). Já no tratamento CB50, onde o calcário estava associado, o pH mais alto (5,76, conforme Tabela 7), contribuiu para que houvesse maiores teores de P efetivamente disponível à planta, resultante da menor precipitação e da contribuição de P proveniente da mineralização da matéria orgânica.

Os teores de P na planta são bem mais baixos do que os de N e K, aproximando-se mais dos teores dos macronutrientes secundários (Raij, 1991). O P em quantidades adequadas estimula o desenvolvimento radicular, é essencial para a boa formação de frutos e sementes e incrementa a precocidade da produção (Raij, 1991).

MOTTA et al. (1992) observaram incrementos na altura de plantas de aveia com o aumento das doses de pó de basalto aplicadas, porém houve tendência da diminuição dos teores de P na matéria seca e deficiência no milho.

Para potássio (K) não foram observadas diferenças significativas dos tratamentos com pó de basalto quando comparados ao tratamento com adubo solúvel, (Tabela 31). Todos os tratamentos apresentaram faixas de teores de K abaixo do nível normal de acordo com CQFS – RS/SC (2004).

Provavelmente esse efeito tenha ocorrido pela maior contribuição da intemperização do pó de basalto que em meios ácidos é favorecida, contribuindo assim para que houvesse maiores teores de K disponível nesse tratamento. NICHELE (2006), SILVA (2007) avaliaram o efeito das doses crescentes de pó de basalto na nutrição de feijão, não verificaram aumentos nos teores de K foliar pela aplicação de basalto. Mas SILVA (2007) observou aumentos nos teores de K foliar pela aplicação de adubo solúvel quando comparado ao pó de basalto.

4 CONCLUSÕES

- O pH em água e em sal não sofreu mudanças significativas pela aplicação de doses crescentes de pó de basalto em solo previamente calcariado, ou pela aplicação do pó isolado, após um ano da instalação do experimento, em relação ao solo previamente calcariado e adubado com fertilizante solúvel (NPK). Somente foram verificadas diferenças por interação entre as profundidades. Esse mesmo comportamento ocorreu com a matéria orgânica.
- Para os teores de P-total, P-Mehlich e P-RTA houve mudanças significativas pela aplicação do pó de basalto, se equiparando aos teores do tratamento com adubo solúvel. Maiores teores de P Mehlich foram verificados nas maiores doses do pó de basalto, quando este estava associado com calagem. Houve variação dos teores entre as profundidades.
- O teor de K do solo não sofreu mudanças significativas pela aplicação do pó de basalto após um ano da instalação do experimento. Na maior dose de pó de basalto aplicada, foi constatado teor mais alto no tratamento onde o pó de basalto foi aplicado isoladamente, nas duas profundidades avaliadas.
- Os teores de Ca e de Mg nos tratamentos com pó de basalto diferiram significativamente do tratamento com calagem associada ao adubo solúvel, um ano após da instalação do experimento. Na camada de 0-0,2m, os teores foram mais baixos nas menores doses do pó aplicado, e equiparáveis ao tratamento calagem mais adubo solúvel nas doses mais altas do pó.
- Os teores de Al^{+3} do solo sofreram mudanças significativas pela aplicação de doses crescentes de pó de basalto após um ano da instalação do experimento, apresentando maiores teores na camada superficial quando comparado ao adubo solúvel. Houve variação dos teores em profundidade. Foram observados

maiores teores onde o pó de basalto foi aplicado em associação com o calcário na camada superficial (P1); em P2 verificou-se o contrário.

- Os valores de soma de bases e saturação por bases sofreram mudanças significativas pela aplicação de doses crescentes de pó de basalto após um ano da instalação do experimento, com comportamento similar ao obtido para o Ca e o Mg.
- De modo geral, os tratamentos com pó de basalto associado à calagem, independentemente da dose do pó de basalto aplicado, afetaram pouco as características químicas do solo após um ano de avaliação do experimento, em relação ao tratamento com calagem associada à adubação com NPK.
- Não foram observados aumentos nos teores de macronutrientes foliares (N, Ca, Mg, P e K) pela aplicação de doses crescentes de pó de basalto após um ano da instalação do experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos: Características de qualidade. In: MALAVOLTA, E., ed. **Seminário sobre corretivos agrícolas**. Piracicaba, Fundação CARGIL, 1985. p. 97 – 119.

ALMEIDA, J. A.; ERNANI, P. R. & MAÇANEIRO, K. C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil. **Revista Ciência Rural**. V. 29, Nº 4, p.651-656. 1999.

ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, K. A. de; MAFRA, A. L. Saprólito de basalto com zeólitas como fonte de nutrientes as plantas. In: **XXVI Reunião de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**, Lages, 2004. Resumos. Lages: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2004. 1 CD (Resumos/FSNP).

AMPARO, A. Farinha de rocha e biomassa. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n.20, p.10-12, 2003.

ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. 2009.
Disponível em: <http://www.anda.org.br>
Acesso em: 10/09/2009

BABARCZY, J. Viticultural experiments in purê basalt powder. Soil and fertiliser, 17:516, 1954. Resumo.

BAHIA FILHO, A.F.C et al. Sensibilidade de extratores químicos à capacidade tampão de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, n.7, p243-249. 1983.

BARRETO, S. B. **A farinha de rocha MB-4 e o solo**. 1998. 66p.

BLUM, W. et al. Zur Verwendung von Gesteinsmehlen in der Landwirtschaft. Chemisch-mineralogische Zusammensetzung und Eignung von Gesteinsmehlen als Düngemittel. **Zeitschrift Pflanzenernährung Bodenkunde**, v. 152, p.421-425, 1989a.

BLUM, W. et al. Zur Verwendung von Gesteinsmehlen in der Landwirtschaft.. Wirkung von Gesteinsmehlen als Bodenverbesserungsmittel. **Zeitschrift Pflanzenernährung Bodenkunde**, v. 152, p. 427-430, 1989b.

BOLLAND, M.D.A.; BAKER, M.J. Powdered granite is not an effective fertilizer for clover and wheat in sandy soils from Western Australia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.56, p.59-68, 2000.

BORGES FILHO, A. C. S; FADIGAS, F. S & CARVALHO, J. C. R. Resposta da cultura do cacau (*Theobroma cacao* L.) a aplicação da rocha moída de Ipirá. In: XXVI Reunião de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Lages, 2004. Resumos. Lages: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2004. 1 CD (Resumos/FSNP/29.doc)

BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S. Preventing phosphorus losses during perchloric acid digestion of sodium bicarbonate soil extracts. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v 32, p. 671-674, 1981.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. SBRS/NRS, Porto Alegre. 10a Edição. 400p. 2004.

COSTA, R. S. Fruticultura orgânica.

Disponível em: http://www.fruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp.

Acesso em: 04/05/2009.

CRISTAN, C. A. Basalto agrícola, 2007.

Disponível em <http://www.socitrus.com.br/basalto.htm>> Acesso em 13 mar. 2009

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. **Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina**. Brasília, Ministério das Minas e Energia, 1986.

D'HOTMAN DE VILLERS, O. Soil rejuvenation with crushed basalt. In Maritius. **International Sugar Journal**, v. 63, p.363-364, 1961.

DNPM. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Mapa geológico do estado de Santa Catarina, escala 1:500.000**. Florianópolis, Coord. de Recursos Minerais da Secretaria de Ciência e Tecnologia, Minas e Energia. 1987. 216p. (Série textos básicos de geologia e recursos naturais de Santa Catarina, 1).

EHLERS, E., - **Agricultura Sustentável** – Origem e Perspectivas de um Novo Paradigma. agropecuária, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

EMBRAPA – CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA. Rio de Janeiro. 412 p., 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília, 2006. 306p.

ESCOSTEGUY, P.A. V. 1985. Uso de basalto moído como fonte de nutrientes às plantas em solos ácidos de baixa fertilidade. V Congresso brasileiro de iniciação científica em ciências agrárias. Lavras, MG.

ESCOSTEGUY, P. A. & KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 22, p.11-20. 1998.

EVANS, H. Investigations on the fertilizer value of crusched basaltic rock. **In MAURITUD SUGAR CANE RESEARCH STATION**. Annual Report. 18:42-8,1947.

FAO. Base de dados FAOSTAT. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: fev. 2009.

FEINDEN, A. Efeito de doses de crescentes de pó de rocha basáltica sobre a absorção de macro e micronutrientes pela cultura do trigo. Curitiba, UFPR, 1991. 169p. (Tese de Mestrado).

FENG Z.Z. et al. Soil N and salinity leaching after the autumn irrigation and its impact on groundwater in Hetao Irrigation District, China. **Agricultural Water Management**. v.71, p.131-143, 2005.

FYFE, W.S., The life support system – toward earth sense. In: ERNST, W.G. Earth systems: processes and issues. Cambridge University Press, p. 506–515. 2000.

FYFE, W.S. Sustainable food production and agrogeology. In: PRIDE, C. & van STRAATEN, P. **Agrogeology and small scale mining**. 1987. Small Mining International, Bulletin.

FREGONI, M. **Nutrizione e fertilizzazione della vite**. Bologna: Edagricole, 1980. 418p.

GAMA, H. B. 2003. Lama de serraria de granito na agricultura orgânica. **Revista Agroecologia Hoje**, Botucatu, nº 20, p. 24. Ago/set, 2003.

GATIBONI, L. C., Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas. Tese de Doutorado. Santa Maria, RS. 2003.

GISSMAN. Utilização agrícola do pó de basalto. Associação de agricultora ecológica de Witmarsum. 3f. (propaganda).

GILLMAN, G.P., BUEKKETT, D.C.; COVENTRY, R.J. A laboratory study of application of basalt dust to highly weathered soils: effects ion soil cation chemistry. **Australian Journal of Soil Research**, Montpellier, v.39, p. 799-811, 2001.

GILLMAN, G.P., The effect of crushed basalt scoria on the cation exchange properties of a highly weathered soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p.465-468, 1980.

GRASSI FILHO, H. Elementos úteis ou benéficos. **Revista Agroecologia Hoje**, Botucatu, nº 20, p. 20-21. Ago/set 2003.

HARLEY, A.D. & GILKES, R.J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, n. 56, p. 11-36, 2000.

HILDEBRAND EE AND SCHACK-KIRCHNER H. 2000. Initial effects of lime and rock powder application on soil solution chemistry in a dystic cambisol - results of model experiments. **Nutr Cycl Agroecosyst** 56: 69-78.

HYPOLITO, R. Estudo Experimental de Alteração Intempérica de Diabásio. São Paulo, 1972, p.103 Tese de Doutorado, USP.

IBGE. **Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro:SEPLAN/IBGE, 1986, v.33, 791p.

INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION – IFA. O uso de fertilizantes minerais e o meio ambiente.
Disponível em: http://www.anda.org.br/portug/boletins/fertilizantes_meio_ambiente.pdf

KAVALARIDZE, W. C. **Nossos solos**. 3.ed.Curitiba: Voz do Paraná, 1978. 76p.

KHATOUNAIN, C. A., **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001. 348p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1985, 492p.

KNAPIK, B. Pó de pedra basáltica como fertilizante de solo. 1987. (Monografia Pós-graduação) – Fundação Faculdade Estadual de Filosofia, Ciências e Letras de União da Vitória.

KNAPIK, J. G. Utilização do pó de basalto como alternativa a adubação convencional na produção de mudas de Mimosa scabrella e prunus sellowii. 2005. 163p. (Dissertação de mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

KÖEPF, H. H. et all. **Agricultura Biodinâmica**. 3 ed. São Paulo, Nobel, 1984. 334p.

KUDLA, A. P.; MOTTA, A. C. V. & KUDLA, M. E. Efeito do pó de basalto aplicado em um Cambissolo Álico sobre o solo e crescimento do trigo. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Ed. da UFPR. V. 15 (2), p.187-195. 1996.

LEINZ, V. & AMARAL, S. E., 1989. **Geologia Geral**. 11ed., São Paulo, 512p.

LEONARDOS, O. H.; FYLE, W. S.; KROMBERG, B. **Rochagem: método de aumento de fertilidade em solos lixiviados e arenosos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29. 1976, Ouro Preto. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976. p. 137-145.

LEONARDOS, O.H.; FYFE, W.S.; KRONBERG, B.I. The use of ground rocks in laterite systems: an improvement to the use of conventional soluble fertilizers? **Chemical Geology**, v. 60, p.361-370, 1987.

LEONARDOS, O.H.; THEODORO, S.H. & ASSAD, M.L. Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.56, p. 3-9, 2000.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Fertilidade do solo e produtividade agrícola**. In Fertilidade do solo. 1 ed. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

LOUREIRO, F. E. L & NASCIMENTO, M. **Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável**. Rio de Janeiro. CETEM/MCT, 2003. 75 p. (Série estudos e documentos, 53).

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo, teoria e prática**. 2ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 182 p.

MELAMED, R.; GASPAR, J.C.; MIEKELEY, N. **Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais**. Série estudos e documentos – 72. Homepage: http://www.cetem.gov.br/serie_sed.htm. Acesso em 09 de novembro de 2008.

MELFI, A.J.; LEVI, F. Geochemical and mineralogical study on the first stages of weathering of basic and related rocks. Part.I – Mineralogical study. **Revista Brasileira de Geociências**, v.1, n.1, p.22-28, 1971.

MOTTA, A. C. V.; KUDLA, A. P. & FEIDEN, A.. Efeito da aplicação do pó de basalto sobre algumas características químicas dos solos e crescimento de planta em um LE e LR. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Ed. da UFPR. V. 12 (1-2), p.173-178, 1992/3.

MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v.27, p. 31-36, 1962.

NICHELE, E. R. Utilização de pó de rochas no desenvolvimento e nutrição do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). 2006. 65p. (Dissertação de mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Estadual do Estado de Santa Catarina - UDESC, Lages.

NOVAIS, R. F. & SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

OSTERROHT, M. V. 2003. Rochagem Para Quê? **Revista Agroecologia Hoje**, Botucatu, nº 20, p. 12-15. Ago/set 2003.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa, 2002. 338 p.

ROSCHNIK, R.K.; GRANT, P.M.; NDUKU, W.K. The effect of incorporating crushed basalt rock into an infertile acid sand. **Journal Agriculture Research: Rhodesia, Zambia, Malawi**, v.5, p. 133-138, 1967.

SAAB, A. A., PAULA, R. A. O mercado de fertilizantes no Brasil: Diagnostico e propostas políticas. Patrocinados por AGE/MAPA – Relatório Executivo. GT- Fertilizantes elaborado por SGM/MME, DNPM e CPRM e fertilizantes: Uma visão global sintética, 2006. BNDES. Procedimento administrativo nº: 08012003267/2008-97
www.mj.gov.br/services/.../filedownload.eztsvc.asp

STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.ed. New York, McGraw -Hill, 1980. 631p.

SHERER, E. E. & BARTZ, H. R. **Adubação do feijoeiro com esterco de aves, N, P e K**. Florianópolis. Empasc, 1981. 15p. (Boletim Técnico 10).

SHRBENÁ, B. Occurrence, characteristics and possibilities of the utilization of basalt tufagenous rock Vedeck prace vyzkumneho ůstavu meliorative zbrazavi. N.13, p.245-61, 1973. Resumo.

SILVA, A. Efeito do pó de basalto nas propriedades químicas do solo, nutrição e produtividade do feijoeiro e na nutrição de *Eucalyptus benthamii*. 2007. 69 p. (Dissertação de mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Estadual do Estado de Santa Catarina - UDESC, Lages.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10º ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. & BOHNON, H. 1985. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Depto de Solos da Fac. de Agronomia, UFRGS.(Boletim técnico, 5).

THEODORO, S.H. & LEONARDOS, O.H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, Brasilia, v. 78, p. 721-730, 2006.

THEODORO, S. H.; ROCHA, E. L. **Rochagem: equilíbrio do solo e vigor para as plantas**. III Congresso Brasileiro e III Seminário Estadual de Agroecologia, Outubro 2005. Florianópolis. Resumos. Florianópolis Epagri/UFSC, 2005. CD-Rom.

van STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, Brasilia, p. 732-747, 2006.

van STRAATEN, P. Rocks for crops: **Agrominerals of Sub-Saharan Africa**. ICRAF, Nairobi, Kenya, 2002. 338 p.

van STRAATEN, P. Agrogeological resources in eastern and southern Africa. In: WACHIRA, J.K. & NOTHOLT, A.J.G. **Agrogeology in Africa**. Common Sci Council, p. 12-36, 1987.

VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. Fixação biológica do N₂ na cultura da soja. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M., eds. **Biologia dos solos de cerrados**. Planaltina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. p. 297-360.

von FRAGSTEIN, P.; PERTL, W. & VOGTMANN, H. Verwitterungsverhalten silikatischer Gesteinsmehle unter Laborbedingungen. **Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde**, v. 151, p. 141-146, 1988.

von WILPERT, K. & LUKES, M. Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulphate in a spruce stand on an acidified glacial loam. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 65, p. 115-127, 2003.