

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV  
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA  
MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**TÍTULO:**

**UTILIZAÇÃO DE MINERAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E NA  
MITIGAÇÃO DE ODORES EM CRIAÇÕES ANIMAIS CONFINADAS**

**AUTORA:**

**ÉLEN RAMOS NICHELE**

**UTILIZAÇÃO DE MINERAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E NA  
MITIGAÇÃO DE ODORES EM CRIAÇÕES ANIMAIS CONFINADAS**

**ÉLEN RAMOS NICHELE**

Engenheira Agrônoma

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa  
Catarina, para a obtenção do Título de Mestre em  
Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. JAIME ANTONIO  
ALMEIDA

LAGES

Santa Catarina - Brasil

Dezembro - 2006

## FICHA CATÁLOGRÁFICA

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

Nichele, Élen Ramos

Utilização de minerais no desenvolvimento de plantas e  
na mitigação de odores em criações animais confinadas. /  
Élen Ramos Nichele – Lages, 2006.  
86 p.

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

1.Adubos e fertilizantes.2. Amônia como fertilizante.  
3.Basalto. 4. Feijão. I.Título.

CDD – 635.652

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS  
MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

**UTILIZAÇÃO DE MINERAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E NA  
MITIGAÇÃO DE ODORES EM CRIAÇÕES ANIMAIS CONFINADAS**

**ÉLEN RAMOS NICHELE**  
Engenheira Agrônoma

Aprovado em:

Pela banca examinadora

Homologada em:

Por:

---

DR. Jaime Antonio Almeida  
Orientador - CAV/UEDESC

---

Dr. Osmar Klauberg Filho  
Coordenador do Programa de Mestrado em  
Agronomia, Coordenador Técnico do Curso  
de Mestrado em Ciência do Solo.

---

DR. Álvaro Luiz Mafra  
Coorientador CAV/UEDESC

---

Dr. Adil Knackfuss Vaz  
Diretor Geral do Centro de Ciências  
Agroveterinárias

---

DR. Germano Nunes S. Filho  
Membro - UFSC

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais Nicanor e Valma pelo carinho, educação e constante incentivo à minha vida profissional.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, juntamente com a coordenação do curso de Mestrado em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso.

Ao meu orientador prof. Jaime Antonio Almeida, pela orientação e confiança no meu trabalho. Ao prof. Álvaro L. Mafra pela co-orientação e auxílio nas análises.

Aos professores do Curso de Mestrado em Ciência do Solo pelos ensinamentos repassados e oportunidade de crescimento pessoal e profissional. Ao prof. Jéferson Coimbra pelo auxílio e sugestões nas análises estatísticas.

Aos bolsistas de iniciação científica Catiline e Ézio e as mestrandas Aline e Tatiana pela ajuda nos trabalhos de campo e de laboratório, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

Ao Emerson, meu noivo, companheiro de todas as horas pelo incentivo e confiança.

Aos meus irmãos e familiares pelo apoio e incentivo constantes.

Aos colegas de mestrado pelos valiosos momentos que tivemos no decorrer deste caminho.

A Udesc e a Capes pela concessão da bolsa de estudos.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1.</b> Composição mineralógica de um Andesito Basalto (teores médios).....	18
<b>Tabela 1.2.</b> Concentração de elementos micronutrientes no granito e no basalto.....	18
<b>Tabela 1.3.</b> Exemplos de composição média de rochas ígneas consolidadas a partir de magmas graníticos, andesíticos e basálticos (valores em % em peso).....	19
<b>Tabela 1.4.</b> Concentrações médias de nutrientes e teor de matéria seca no esterco de bovinos. ....	25
<b>Tabela 1.5.</b> Índice de eficiência dos nutrientes no solo do esterco bovino em cultivos sucessivos.....	25
<b>Tabela 1.6.</b> Rendimento de feijão cultivado com doses de basalto, associado ou não ao uso de esterco bovino (média de 4 repetições). ....	35
<b>Tabela 1.7.</b> Altura de plantas de feijão (1º e 2º cultivo) cultivadas com doses de basalto associado ou não ao esterco bovino (média de 6 plantas/parcela).....	37
<b>Tabela 1.8.</b> Efeito dos tratamentos na área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD) para ferrugem na cultivar uirapuru.....	40
<b>Tabela 1.9.</b> Valores de pH, Al e M.O. de um Cambissolo cultivado com doses de basaltos. ....	41
<b>Tabela 1.10.</b> Teores de Ca, Mg e Na no solo. ....	45
<b>Tabela 1.11.</b> Valores de macronutrientes em tecido de plantas de feijão.....	49
<b>Tabela 1.12.</b> Valores de micronutrientes em tecido de plantas de feijão.....	51
<b>Tabela 2.1.</b> Análise química total do saprólito de basalto.....	80
<b>Tabela 2.2.</b> Análise química total do saprólito de basalto.....	80
<b>Tabela 2.3.</b> Teor de água da cama de aves em função da coleta.....	81
<b>Tabela 2.4.</b> Teores de amônia em função da coleta.....	83
<b>Tabela 2.5.</b> Valores de pH da cama de aves tratada com aditivos.....	85
<b>Tabela 2.6.</b> Concentração de amônia no ar ambiente de um galpão de aves tratado com aditivos.....	85

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Quadro 1.1.</b> Composição granulométrica dos basaltos e do granito em porcentagem.....	29
<b>Quadro 2.1.</b> Composição granulométrica dos materiais utilizados em porcentagem.	73
<b>Figura 1.1.</b> Incidência de ferrugem avaliada nos dias 31/04, 04/04 e 11/04/05.....	39
<b>Figura 1.2.</b> Severidade de ferrugem avaliada nos dias 31/04, 04/04 e 11/04/05.....	39
<b>Figura 1.3.</b> Teores de P trocável no solo.....	44
<b>Figura 1.4.</b> Teores de K trocável no solo.....	47
<b>Figura 2.1.</b> Unidades estruturais básicas das zeólitas.....	68
<b>Figura 2.2.</b> Esquema do método para determinação de NH <sub>3</sub> . .....	75
<b>Figura 2.3.</b> Amostrador de pequeno volume.....	77
<b>Figura 2.4.</b> Difratoograma do pó de basalto com incrustações de zeólitas.....	78
<b>Figura 2.5.</b> Difratoograma do pó de basalto com geodos preenchidos com zeólitas.....	79
<b>Figura 2.6.</b> Difratoograma do pó de concentrados de zeólitas presentes no basalto.....	79
<b>Figura 2.7.</b> Teor de água (%) em cama de aves tratada com diferentes aditivos (média de 5 coletas).....	81
<b>Figura 2.8.</b> Teor de água (%) em cama de aves em função da época de avaliação.....	82
<b>Figura 2.9.</b> Teor de amônia em cama de aves tratada com diferentes aditivos.....	83
<b>Figura 2.10.</b> Teor de amônia em cama de aves em função da coleta.....	84

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	v
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	vi
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>I. CAPÍTULO - UTILIZAÇÃO DE PÓ DE ROCHAS NO DESENVOLVIMENTO E NUTRIÇÃO DO FEJJOEIRO COMUM (<i>Phaseolus vulgaris</i>)</b> .....	4
1.1 RESUMO.....	4
<b>I. CHAPTER. UTILIZATION OF ROCK POWDER IN DEVELOPMENT AND NUTRITION OF COMMON BEANS (<i>Phaseolus vulgaris</i>)</b> .....	6
1.1 ABSTRACT.....	6
1.2 INTRODUÇÃO.....	7
1.3 HIPÓTESES.....	11
1.4 OBJETIVOS.....	11
1.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
1.5.1 Modelos tecnológicos de produção agrícola.....	12
1.5.2 A utilização de rochas moídas na agricultura.....	15
1.5.3 Utilização de adubos orgânicos associados ao pó-de-rochas.....	24
1.6 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
1.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
1.7.1 Rendimento de grãos.....	34
1.7.2 Altura de plantas.....	36
1.7.3 Avaliação de Ferrugem.....	38
1.7.4 Análise química do solo.....	41
1.7.5 Análise foliar.....	47
1.7.5.1 Macronutrientes.....	47
1.7.5.2 Micronutrientes.....	49
1.8 CONCLUSÕES.....	52
1.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
<b>II. CAPÍTULO - UTILIZAÇÃO DE BASALTO COM ZEÓLITAS PARA CONTOLE DA AMÔNIA EM CAMA DE AVES</b> .....	58
2.1 RESUMO.....	58
<b>II. CHAPTER. UTILIZATION OF BASALT WITH ZEOLITE FOR CONTROL OF AMMONIA IN THE POULTRY LITTER</b> .....	59
2.1 ABSTRACT.....	59
2.2 INTRODUÇÃO.....	60
2.3 HIPÓTESES.....	63
2.4 OBJETIVOS.....	63
2.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	64

2.6 MATERIAL E MÉTODOS.....	72
2.6.1 Avaliações.....	73
2.6.1.1 Caracterização do basalto com zeólitas.....	73
2.6.1.2 Determinação do teor de umidade da cama de aves.....	74
2.6.1.3 Determinação da amônia liberada pela cama de aves.....	74
2.6.1.4 Determinação do teor de amônia no ar ambiente.....	75
2.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
2.7.1 Caracterização do basalto com zeólita	78
2.7.2 Umidade da cama nos tratamentos	80
2.7.3 Amônia na cama de aves	82
2.7.4 pH da cama de aves	84
2.7.5 Teor de amônia no ar ambiente	85
2.8 CONCLUSÕES.....	86
2.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

## INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos a utilização de pós de rochas e de minerais, tanto na agricultura como na pecuária, tem sido bastante incentivado, pois buscam-se alternativas de insumos para estas atividades que não degradem o meio ambiente e garantam condições de conforto e bem estar para os animais que são criados principalmente em criações confinadas. A utilização de insumos sintéticos tem causado problemas de poluição consideráveis no planeta, tanto poluição atmosférica através da emissão de gases como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) causadores do efeito estufa, como também poluição das águas por resíduos de praguicidas. No setor agropecuário brasileiro danos resultantes do uso inadequado de insumos e formas de manejo são conseqüências diretas das atividades agropecuárias intensivas e extensivas. Um exemplo é a suinocultura intensiva, que através do despejo dos dejetos nos rios tem causado a sua poluição. Assim o estado crítico do meio ambiente está fazendo com que a ciência tradicional volte-se para dar atenção aos insumos naturais, que foram relegados ao segundo plano.

Várias rochas e minerais podem ser utilizadas na agricultura e pecuária, como condicionadores de solos, alterando as condições físico químicas dos solos a favor do agricultor, ou como carreadores de nutrientes, promovendo a geração de condições mais favoráveis ao plantio, em termos de quantidade de nutrientes e umidade. Nos últimos anos a utilização de rochas naturais na agricultura tem crescido, porém o Brasil necessita desenvolver tecnologias próprias para obtenção de novos fertilizantes voltados às condições geoclimáticas e pedológicas de nossos solos.

Minerais são elementos ou compostos químicos com composição definida dentro de certos limites, cristalizados e formados naturalmente por meio de processos geológicos inorgânicos. A grande maioria dos minerais é formada por compostos químicos que resultam da combinação de diferentes elementos químicos, sua composição química pode ser fixa ou variar dentro de limites bem definidos. Como na crosta terrestre, a camada mais superficial do nosso planeta, há uma predominância de oxigênio (O), silício (Si) e alumínio (Al), o grupo mais representativo de minerais da maioria das rochas são os aluminossilicatos. Estes materiais podem ser utilizados com diversas funções tanto na sua forma natural ou após seu beneficiamento.

Na utilização destes materiais como fertilizantes naturais as rochas ou minerais são aplicadas ao solo na forma de pó. Esta técnica está sendo denominada de rochagem, e pode ser feita com um custo bem menor do que a fertilização convencional com fertilizantes minerais solúveis.

Para a produção animal também existem vários materiais que podem ser aproveitados, porém tem-se dado destaque especial aos minerais do grupo das zeólitas. As zeólitas pertencem ao grupo dos tectossilicatos e sua estrutura atômica aberta confere as mesmas propriedades de grande importância para os processos industriais, tais como alto grau de hidratação e propriedades de trocas catiônicas que permitem uma infinidade de aplicações, inclusive como fertilizante de lenta liberação de nutrientes e desodorizador de ambientes na criação de animais confinados. Como fertilizante de lenta liberação de nutrientes, tais elementos ficam retidos em sua estrutura e são liberados de acordo com a demanda da planta.

Com a utilização destes produtos se tem a possibilidade de intervenção para minimizar os efeitos dos processos degradativos e intensificar a utilização de manejo e técnicas agropecuárias mais adequadas. Mesmo com a crescente utilização de tais produtos nas atividades agrícolas, ainda são raros os estudos com base científica que avaliem seus efeitos e

sua eficácia como substitutos aos insumos tradicionais. Portanto, objetivando testar os efeitos dos pós-de-rochas e das zeólitas, respectivamente como materiais alternativos no fornecimento de nutrientes às plantas e como mitigadores de odor na criação confinada de aves, conduziram-se dois experimentos, descritos nos capítulos 1 e 2 à seguir.

## **I CAPÍTULO. UTILIZAÇÃO DE PÓ DE ROCHAS NO DESENVOLVIMENTO E NUTRIÇÃO DO FEIJOEIRO COMUM (*Phaseolus vulgaris*).**

### **1.1 RESUMO**

Na agricultura tradicional, é comum a utilização de calcário e de fertilizantes solúveis, os quais quando bem dosados e equilibrados promovem grandes incrementos de produtividade. Pesquisas recentes têm procurado alternativas a essas formas de correção e adubação, e um dos materiais estudados para essa finalidade são as rochas naturais moídas, utilizadas principalmente por entidades ligadas a agricultura orgânica e natural, porém são raros os estudos com base científica, que avaliem e comparem seu efeito no desenvolvimento de plantas, na recuperação e na renovação dos solos. Este trabalho objetivou estudar a utilização de basaltos na cultura do feijão, associado ou não ao esterco bovino, avaliando seu efeito sobre as propriedades químicas do solo, a nutrição da planta e a produtividade desta cultura. O experimento foi instalado em um Cambissolo Húmico de textura média, em Lages, SC, em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, em parcelas de 3 x 4 m. Foram avaliados dois basaltos, provenientes de Ponte Alta, SC e de São José do Cerrito, SC, Pedreira do 10º Batalhão de Engenharia e Construção. O pH da área foi corrigido para 5.2 e a necessidade de P e K foi suprida pela adição de fontes naturais (granito - K; apatita - P), exceto nas parcelas do tratamento com NPK. Os tratamentos constaram de testemunha (calagem pH 5.2), NPK, esterco, Basalto Batalhão (BBT) e Ponte Alta (BPA) nas doses 2.5, 5.0 e 10 ton/ha e as mesmas doses associadas a adição de esterco bovino (3 ton/ha, base seca). Os materiais foram aplicados sobre a parcela e incorporados com enxada rotativa. Utilizou-se feijão preto, variedade Uirapuru, como cultura teste que foi plantado no dia 21/01/2005. Foi determinado o rendimento de grãos, a altura de plantas, incidência e severidade de ferrugem. Realizou-se análise química do solo após um ano da aplicação dos tratamentos e análise foliar do primeiro cultivo de verão. No rendimento de grãos o melhor tratamento foi o BPA na dose de 10t/ha + Esterco, o qual diferiu apenas do tratamento BPA 2.5t/ha. A incidência e severidade de ferrugem foi maior no tratamento NPK, seguido da testemunha. O pH aumentou de 4.69 para valores que variaram entre 5.05 a 5.57, porém sem diferenças entre os tratamentos, evidenciando apenas o efeito do calcário na correção parcial da acidez. Os valores da Ca e Mg no solo aumentaram. O Ca passou a ser considerado médio em alguns tratamentos e alto em outros. Já o Mg ainda continuou baixo. O P apresentou valores altos, porém deve ser interpretado com cautela, visto que foi aplicado fosfato natural e o extrator ácido utilizado (Mehlich 1) tende a superestimar os teores de P disponível. Na planta tanto os macro quanto os micronutrientes avaliados ficaram dentro da faixa de suficiência para a cultura do feijão. Os elementos Ca, Mg, K e Zn não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. Não foi evidenciado efeito positivo da aplicação do pó de basalto sobre a produção de grãos de feijão, possivelmente devido à falta de chuvas e ao curto período para

liberação dos nutrientes, por se tratar de uma rocha que apresenta dissolução lenta dos minerais.

**Palavras-chave:** Basalto, adubação natural, feijão, esterco.

## **I CHAPTER. UTILIZATION OF ROCK POWDERS IN DEVELOPMENT AND NUTRITION OF COMMON BEANS (*Phaseolus vulgaris*).**

### **1.1 ABSTRACT**

In traditional agriculture, is common the utilization of lime and soluble fertilizers, that when well dosed and equilibrated promote larges increase of productivity. Recent researchs have pointed other alternatives of soil fertilization, and one of the materials studied for this finality are ground naturals rocks, utilized mainly for entities linked with organic and natural agriculture. However, studies of the effect of these materials on soil properties and development of plants are rare. The objective of this work was to study the basalt utilization in the bean culture, associated or not with bovine manure, and the effect of them on soil chemical properties, plant nutrition and productivity of this culture. The experiment was conducted in Lages, SC, in a loamy sand Humic Cambisol, on a design completely randomized, with 4 replicates, in plots of 3 x 4 m. It was tested two basalts, one of Ponte Alta, SC and other from São José do Cerrito 10º Battalion of engineering of Construction, SC. The water pH of the area was correct for 5.2 with dolomitic lime and P and K was supplied by additions of naturals sources (granite - K; apatite - P), except in NPK treatment. The treatments included a control (liming to pH 5.2), NPK, manure, Basalt Batalhão (BBT) and Ponte Alta (BPA) in the rates 2.5, 5.0 and 10 ton/ha and the same rates associates with the addition of bovine manure (3 ton/ha, dry weight basis). The materials was applied over the plots and incorporated with rotatory hoe. Black bean, variety Uirapuru, was test culture sowing in 21/01/05. It was determined yield grains, plant height, and incidence and severity of rust. One year after the application of treatments, were realized chemical analysis of soil and leaf analysis of summer first culture. In the yield grains evaluation, the best treatment was the 10t/ha BPA + manure, which differed only of treatment 2.5t/ha BPA. The incidence and severity of rust was higher on NPK treatment, followed by control. The pH increased of 4.69 to values that change between 5.05 a 5.57, but without difference between treatments, evidencing only the effect of lime on the partial correction of acidity. The values of Ca and Mg in the soil increased. The Ca raised to limit considerate medium on some treatments and high in others. Already the Mg still continued low. The P values in soil was high, however should be interpreted with caution, because acid extractor utilized (Mehlich 1) solubilize natural phosphate and tends to overestimate the P content. Macro and micronutrients were inside of sufficiency zone for the culture of bean in all treatments. The elements Ca, Mg, K and Zn didn't present statistics differences between the treatments. It wasn't evidence of positive effect of powdered basalt application over the grains production of bean, possibly due to fault of rain and the short period for liberation of nutrients, because rocks utilized present slow dissolution of minerals.

**Key-words:** basalt powder, natural agriculture, bean, manure

## 1.2 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade praticada há milhares de anos para obtenção de alimentos para a humanidade, sendo que os solos férteis permitiram o desenvolvimento de civilizações e a criação de riquezas em várias regiões do mundo.

Ao longo dos anos de prática desta atividade as técnicas de cultivo foram sendo modificadas. Somente muito recentemente visando o incremento na produção de alimentos surgiram novas tecnologias e insumos, tais como os adubos hidrossolúveis e os agrotóxicos.

Boas práticas de manejo do solo também são essenciais para que se obtenha um bom crescimento e desenvolvimento das culturas e assim se consiga elevar os rendimentos das plantas cultivadas até os níveis permitidos pelo seu potencial genético.

No modelo de agricultura moderna e competitiva a necessidade de uma boa produtividade dos solos é indiscutível, portanto é reconhecida a importância de um adequado suprimento de nutrientes essenciais às plantas (macro e micronutrientes) para a manutenção de altas produtividades. Portanto é necessário que estes se encontrem no solo em adequadas quantidades e proporções. Estes nutrientes são fornecidos através da adubação. Os fertilizantes são usados para suplementar a reserva natural do solo a fim de satisfazer a demanda das culturas, compensar a perda de nutrientes removidos pelas colheitas, por lixiviação ou por perdas gasosas.

Atualmente recorre-se normalmente a utilização de calcário e de fertilizantes solúveis como fonte de nutrientes às plantas. Estes quando bem dosados e equilibrados promovem incrementos de produtividade geralmente maiores do que quando se emprega produtos

naturais, embora os aspectos relacionados à qualidade nutricional dos produtos, e seus reflexos sobre a saúde humana e animal na maioria das vezes sejam ignorados. No modelo convencional de agricultura a demanda de adubos de alta solubilidade é grande, podendo ocasionar desequilíbrios minerais no solo.

Nos fertilizantes solúveis os nutrientes são disponibilizados mais rapidamente, portanto atendem de forma mais eficaz as exigências da maioria das plantas cultivadas de ciclo curto, porém sendo prontamente solúveis podem ser parcialmente perdidos através das perdas por lixiviação, o que pode comprometer o meio ambiente.

Este modelo tecnológico por vezes tem inviabilizado a permanência dos pequenos agricultores em suas propriedades, pois estes apresentam condições limitadas para utilizar insumos industrializados com recursos próprios, devido aos altos custos, o que leva a uma redução da produtividade. Assim é necessário que se adote um modelo de agricultura que possa devolver e manter a capacidade produtiva dos solos.

Estudos com alternativas ao uso de fertilizantes solúveis devem ser intensificados em consequência das jazidas de algumas rochas e minerais estarem ficando escassas, e os custos para sua obtenção estão cada vez mais elevados.

Uma alternativa ao uso dos fertilizantes solúveis é o emprego de rochas naturais moídas, sendo as de uso mais comum na agricultura às calcárias, usadas principalmente como corretivo da acidez e as rochas fosfatadas (apatitas), que podem ser aplicadas ao solo também na forma natural (fosfatos naturais).

As rochas apresentam minerais que podem servir de fonte de liberação lenta de nutrientes para as plantas em formas pouco solúveis, não sendo assim tão facilmente lixiviados. Esse processo de liberação lenta pode contribuir com quantidades expressivas de nutrientes às plantas, dependendo do tipo de mineral contidos nas rochas, da sua quantidade e reatividade, visando atender a carência de nutrientes no solo. As dosagens recomendadas

podem ser maiores do que as utilizadas na adubação convencional devido à baixa solubilidade desses produtos e ao efeito residual prolongado, dispensando a necessidade de se adubar freqüentemente, o que pode se tornar uma vantagem para o produtor pela redução de custos.

Na última década, as rochas moídas estão sendo cada vez mais utilizadas, devido à necessidade de recuperação dos solos empobrecidos, desequilibrados e que perderam grande parte da reserva de nutrientes dos seus constituintes minerais. O pó de rocha está sendo utilizado principalmente por produtores que praticam a agricultura em moldes mais naturais ou na orgânica, pois estes buscam novas alternativas de insumos naturais que não causem danos ao ambiente e ao homem, que melhorem o solo alterado pelas adubações convencionais, as quais podem provocar grandes desequilíbrios nutricionais. Tais produtos estão sendo utilizados como fonte de nutrientes e condicionadores de solo.

As rochas mais aconselháveis e que se destacam para suprir as necessidades do solo são as rochas básicas e ultrabásicas de maneira geral, por apresentarem maior riqueza em minerais ferromagnesianos, nutrientes básicos e micronutrientes de grande valor. Essas rochas podem ser fornecedoras de nutrientes minerais a médio e longo prazo tanto individualmente como pela combinação de duas ou mais rochas. Entre as rochas que podem ser aproveitadas na agricultura está o basalto, rocha básica de origem vulcânica, que possui além de cálcio e magnésio vários micronutrientes.

Os minerais presentes nestas rochas podem servir também como condicionadores de solos, alterando as condições físico-químicas em favor do agricultor, melhorando as condições do plantio, além de fornecerem nutrientes e aumentarem a capacidade de retenção de água.

Mesmo com o aumento na utilização destes produtos por dezenas de entidades ligadas à agricultura natural e orgânica no país, ainda são raros os estudos com base científica, que

avaliem e comparem o efeito dos pós de rocha no desenvolvimento de plantas, na recuperação e na renovação dos solos.

Devido à abundância do basalto na região extremo Sul do Brasil torna-se importante um estudo para avaliar a viabilidade do seu uso na agricultura, pois este pode servir de fonte de nutrientes para as plantas e melhorar a qualidade dos solos. Se comprovada sua eficiência se obterá um produto alternativo e de fácil acesso aos produtores.

### **1.3 HIPÓTESES**

A adição de pó de basalto ao solo como fonte de nutrientes às plantas deverá ocasionar:

- 1) Aumento da produção de grãos e/ou matéria seca das culturas a serem utilizadas, pela liberação de nutrientes essenciais;
- 2) Melhoria nas propriedades químicas do solo, aumentando sua fertilidade natural a médio e longo prazo;
- 3) A adição de esterco ao pó de basalto acelera a decomposição dos minerais do basalto, aumentando a produção de grãos e/ou matéria seca das culturas em relação ao emprego do pó de basalto isolado.

### **1.4 OBJETIVOS**

Avaliar o potencial de utilização de pós de basalto como fonte de liberação lenta de nutrientes para as plantas e seu efeito sobre as propriedades químicas do solo, o desenvolvimento e a nutrição do feijoeiro.

Avaliar o efeito da adição de doses crescentes de basalto moído associado ou não ao esterco bovino no desenvolvimento de feijão.

Comparar a adubação com basalto em relação à adubação convencional com NPK sobre o desenvolvimento de plantas e propriedades do solo.

Avaliar o efeito da adição de esterco de bovino na disponibilização de nutrientes contidos no basalto.

## 1.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.5.1 Modelos tecnológicos de produção agrícola

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 de alimentos 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 e alguns povos começaram a produzir em maior escala (Ehlers, 1999).

A transformação da agricultura se deu a partir de uma série de descobertas científicas e de avanços tecnológicos. Com estas descobertas foi marcado o início de uma nova fase da agricultura, onde se consolidou o padrão produtivo baseado no emprego intensivo de insumos industriais.

A partir destes avanços foi criado o paradigma da agricultura moderna que se fortaleceu com a revolução verde, após a segunda guerra mundial (Ehlers, 1999). A revolução verde trouxe melhoria do desempenho dos índices de 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, agrotóxicos, irrigação e motomecanização. As variedades melhoradas, juntamente com os fertilizantes minerais e a motomecanização foram responsáveis por grandes aumentos nos

rendimentos das culturas, porém associado a isto o número de pragas e doenças que atacavam as lavouras também cresceu enormemente, o que levou ao desenvolvimento de técnicas de proteção às plantas, surgindo assim os agrotóxicos.

Este novo modo de fazer agricultura logo se espalhou por vários países, principalmente nos subdesenvolvidos, difundindo os princípios da “nova” agricultura e a euforia das grandes safras. A maior parte dos países em desenvolvimento começou a usar adubos minerais em escala apreciável por volta de 1950, com maiores incrementos após 1960, onde estes chegaram a consumir 50 milhões de toneladas de nutrientes em 1985 (Van Raij, 1991). No Brasil a utilização de fertilizantes minerais foi iniciada de forma incipiente, no começo dos anos 30, sendo que em 2001 apresentou um consumo de 16.7 milhões de toneladas (Loureiro & Nascimento, 2003). A produção brasileira de fertilizantes solúveis é elevada, porém insuficiente para satisfazer o consumo interno de nutrientes, atualmente satisfaz menos de 50% das necessidades do país, e a partir de 1998 o volume das importações de nutrientes ultrapassou o da produção interna (Loureiro & Nascimento, 2003).

A agricultura convencional praticada nos dias de hoje busca acima de tudo, a produção, deixando em segundo plano a preocupação com a conservação do meio ambiente, dos solos e a qualidade nutricional dos alimentos. As técnicas de manejo deste modelo facilitaram a erosão e também a redução na atividade biológica, reduzindo assim, a capacidade produtiva dos solos. Neste modelo é grande a utilização de fertilizantes solúveis como fonte de nutrientes às plantas. Os fertilizantes solúveis, quando bem dosados e equilibrados promovem incrementos de produtividade geralmente maiores do que quando se emprega rochas naturais moídas (Van Raij, 1991). A fertilização de solos pobres em nutrientes provoca um aumento de rendimento na produção agrícola de cerca de 35 a 50% em média (Loureiro & Nascimento, 2003) quando comparado a áreas não adubadas.

Estes fertilizantes liberam mais rapidamente os nutrientes, e assim atendem de forma mais eficaz as exigências da maioria das plantas cultivadas de ciclo curto, porém podem ser em grande parte desperdiçados por estarem mais propensos a lixiviação, vindo a contaminar o meio ambiente. Os fertilizantes solúveis dissolvem-se na água da chuva e da irrigação, podendo contaminar rios e lençóis freáticos, onde com o passar do tempo podem ficar 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 causar o fenômeno de eutrofização. Nesse processo, o acréscimo principalmente de nitrogênio e fósforo conduz a uma multiplicação excessiva de algas e outras espécies de plantas aquáticas, com várias conseqüências indesejáveis (O USO..., [2000]) entre elas o consumo de oxigênio da água e a formação de compostos tóxicos em processos anaeróbios (Van Raij, 1991).

Parte deste adubo é rapidamente absorvido pelas raízes das plantas causando expansão celular, aumentando o teor de água e reduzindo assim, o teor nutritivo do elemento. Apesar dos adubos sintéticos darem em curto prazo uma melhor reposta em termos de produtividade e produtos de maior tamanho, estes produtos são em geral menos saborosos, mais pobres em vitaminas e sais (Coonatura, 2004). Devido às reações que desencadeiam em solução, vários fertilizantes minerais são acidificadores do solo, especialmente o sulfato de amônio e menos intensamente o nitrato de amônio, embora isso possa ser menos acentuado em alguns solos (O USO..., [2000]).

Após décadas de uso e abuso do emprego destes produtos, foram surgindo preocupações relacionadas aos problemas ambientais e sócio-econômicos trazidos por esta agricultura convencional, como a destruição das florestas para aumentar as áreas produtivas, perda da biodiversidade, erosão devido ao preparo intensivo do solo, a perda da fertilidade dos solos, contaminação dos recursos naturais, dos animais, do homem e dos alimentos (Ehlers, 1999).

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 à 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 nas últimas seis décadas. Busca a saúde do meio ambiente, preservando a biodiversidade, portanto 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. A pesquisa tem se voltado à utilização de insumos naturais, os quais foram deixados em segundo plano (Coonatura, 2004).

### **1.5.2 A utilização de rochas moídas na agricultura**

A utilização de rochas moídas como fonte de nutrientes às plantas é uma prática realizada há milhares de anos. Das rochas moídas de uso mais comum na agricultura, encontram-se as calcárias, que são empregadas principalmente como corretivo 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 bastante defendido pelos sistemas de agricultura orgânica, natural e agroecológica 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.

De acordo com Amparo (2003) o uso do pó de rochas apresenta as seguintes vantagens em relação aos fertilizantes solúveis: economia de mão-de-obra, pois o pó é de baixa solubilidade e assim não há necessidade de se adubar com frequência, devido ao seu efeito residual prolongado; não acidifica o solo e ao contrário pode corrigir a sua acidez; não saliniza o solo; evita que a planta absorva mais do que o necessário, como ocorre com o potássio e o nitrogênio, assim beneficia a absorção de Ca e Mg; diminui a fixação do P solúvel pela presença de sílica; a matéria-prima é inteiramente nacional, fácil de ser explorada e encontra-se distribuída em todas as regiões do país.

A técnica de fertilização com rochas moídas vem sendo denominada de rochagem (Gama, 2003) e é considerada como base fundamental para a recuperação dos solos já degradados pelo uso intensivo, pois auxilia os agricultores na construção de um novo arranjo produtivo, devolvendo ao solo os constituintes minerais já lixiviados, obtendo desta forma, alimentos de melhor qualidade e custos mais baixos (Theodoro & Rocha, 2005).

Apesar de ainda não credenciados como fertilizantes pelos órgãos oficiais de fiscalização, tais produtos vêm sendo cada vez mais utilizados por agricultores, como fonte de nutrientes e condicionadores de solo. Algumas rochas, moídas ou trituradas, são exemplos de melhoradoras de solos agrícolas. Estas recuperam os solos empobrecidos e desequilibrados que perderam seus constituintes minerais e restituem suas características mineralógicas, atendendo desta forma às exigências e necessidades da planta e aumentando assim as possibilidades de lucro dos agricultores (Barreto, 1998).

O uso de pó (farinha) de rochas de composição à base de silicatos como fertilizantes é bastante defendida em algumas correntes da agricultura orgânica. Isso se deve ao seu amplo conteúdo mineral e à sua constituição química potencialmente apropriados para enriquecimento de solos pobres ou para recuperação de solos empobrecidos por lixiviação devido ao manejo inadequado (Gama, 2003).

Além do calcário e das apatitas, destacam-se para esta finalidade, as rochas básicas e ultrabásicas, por sua maior riqueza em cátions básicos e micronutrientes. Dentre as rochas disponíveis para o emprego na agricultura está o basalto, rocha básica cujos minerais são menos resistentes ao intemperismo, quando comparado com o quartzo e importantes fontes de Ca e Mg. O granito, apesar de ser uma rocha magmática ácida, devido a sua riqueza em feldspatos alcalinos pode se constituir em importante fonte de potássio.

O basalto é uma rocha vulcânica extrusiva, resultante da cristalização rápida do magma na superfície. Os principais constituintes do basalto são minerais do grupo dos piroxênios e plagioclásios. É uma rocha básica, de granulação fina, afanítica, onde a maior parte dos cristais são invisíveis a olho nu (Santos, 1976). Quanto à cristalinidade os basaltos podem ser microcristalinos ou vítreo-cristalinos, que é quando parte dos minerais é formada por cristais e o restante é formado por minerais vítreos, os quais não possuem forma cristalina.

Os basaltos são tidos como um importante material de origem de solos, e seu emprego como pó finamente moído pode contribuir para aumentar a fertilidade de solos em função do predomínio de minerais ricos em micronutrientes e em cátions básicos (Tabela 1.1), destacando-se em sua constituição os feldspatos calco-sódicos e os piroxênios (Resende, 2002).

**Tabela 1.1.** Composição química e mineralógica de um Andesito Basalto (teores médios).

Composição	Teor (%)	Teor (ppm)
Ortoclásio	11.85	-
Anortita	13.65	-
Diopsídio	17.32	-
Hiperstênio	0.46	-
Apatita	0.58	-
SiO <sub>2</sub>	54.97	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.99	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.6	-
MgO	3.03	-
CaO	7.37	-
K <sub>2</sub> O	1.96	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.24	-
B	-	23.5
Co	-	45
Cu	-	168

Fonte: Horbach et al., IBGE (1986). Levantamento de Recursos Naturais.

As rochas ígneas básicas formadas por diversos minerais silicatados representam uma importante reserva de nutrientes, onde os conteúdos de Si e Al são dominantes, seguidos do Fe do Ca e do Mg. Além destes, contém cerca de 60 a 70 elementos químicos entre macro e micronutrientes (Tabela 1.2). Quando comparado ao granito o basalto é mais pobre em Si (45 – 52% de SiO<sub>2</sub>) Na e K, e mais rico nos demais nutrientes, entre eles cálcio, magnésio e ferro (Tabela 1.3), (Gergely et al., 2000). Quando vários minerais estão presentes nas rochas, cada um poderá fornecer os elementos existentes em sua constituição. Por isso, o granito é mais rico em K que o basalto.

**Tabela 1.2.** Concentração de elementos micronutrientes no granito e no basalto.

	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Cl
Material	%	-----ppm-----					
Granito	2.7	400	40	10	15	2	70
Basalto	8.6	1500	100	100	5	1	200

Fonte: Harmsen & Vlek (1985).

**Tabela 1.3.** Exemplos de composição média de rochas ígneas consolidadas a partir de magmas graníticos, andesíticos e basálticos (valores em % em peso).

<b>Rocha/magma/óxido</b>	<b>Granito</b>	<b>Andesito</b>	<b>Basalto</b>
SiO <sub>2</sub>	72.08	54.20	50.83
TiO <sub>2</sub>	0.37	1.31	2.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.86	17.17	14.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.86	3.48	2.88
FeO	1.67	5.49	9.05
MnO	0.06	0.15	0.18
MgO	0.52	4.36	6.34
CaO	1.33	7.92	10.42
Na <sub>2</sub> O	3.08	3.67	2.23
K <sub>2</sub> O	5.46	1.11	0.82
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.28	0.23
H <sub>2</sub> O	0.53	0.86	0.91
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Gergely et al., Decifrando a Terra (2000).

O Ca e Mg são provenientes dos minerais anortita, diopsídio e hiperstênio, o K provém geralmente do ortoclásio e das micas, comuns no granito e o P da apatita. Os óxidos P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e TiO<sub>2</sub> formam minerais próprios, a apatita e a ilmenita, respectivamente que são considerados como acessórios, pois estão presentes nas rochas ígneas em proporção muito pequena (Miedema, 2003).

Solos originados de rochas basálticas tendem a ser mais ricos em Fe, P, Ca, Cu e Zn e por outro lado mais pobres em B e Mo (Resende, 2002).

No Brasil ainda são poucas as referências sobre a utilização de rochas moídas na agricultura em escala comercial. Misturas de várias rochas moídas têm sido comercializadas, por exemplo, pela empresa MIBASA de Arapiraca, Alagoas, cujo principal produto é a farinha de rocha MB4, sendo este uma mistura de duas rochas: biotitaxisto e serpentinito, na proporção de 1:1 (Pontes et al., 2005). Este produto é proveniente da moagem de rochas silicatadas e possui em sua composição cerca de 48% de sílica. Outros produtos constituídos de misturas são a farinha de rocha intemperizada S. Ipira/ Ipira Fértil Ltda. fabricado na Bahia e Itafértil, da mineração São Judas (D'Andréa, 2003). Produção e comercialização de basaltos

moídos tem sido feita por agricultores orgânicos cooperados no município de Palmeira, no Paraná, e também no Estado de São Paulo.

Em testes realizados pela empresa Mibasa utilizando o MB4 na cultura do feijão relatase um aumento de produção de 58% em relação aos adubos solúveis, já no plantio de abacaxi obteve-se frutos com peso médio maior e porcentagem de frutos com peso maior que 1400 gramas. Na cultura da cana-de-açúcar, foi obtido aumento da produção agrícola de 43% e na produção industrial de 18%, no plantio de uva Itália aumento de produção de 33%, além do custo para aquisição dos insumos ser inferior (Barreto, 1998).

Estudos com o MB-4 conduzidos por Pontes et al. (2005) indicaram que as doses do produto não influenciaram significativamente a altura e peso fresco da parte aérea das plantas de coentro, mas diminuíram consideravelmente a condutividade elétrica do solo e elevaram seu pH, possivelmente devido aos elevados percentuais de MgO e de CaO contidos no MB-4. Segundo Barreto (1998) os produtos obtidos com a aplicação do MB-4 são mais densos e apresentam características diferentes comparados aos produzidos com adubação mineral. A quantidade ideal a ser aplicada é de difícil estimativa, pois depende muito das carências minerais locais, porém a empresa MIBASA recomenda tomar por base duas toneladas/ha, sendo que o produto deve ser espalhado em toda a área, permitindo assim o aumento da superfície de contato com o volume de solo, ficando mais próximo ao alcance das raízes (Barreto, 1998). Apesar de não haver resultados conclusivos, a mistura da rocha moída com o solo, no horizonte superficial, indica ser a maneira ideal de aplicação (Osterroht, 2003).

Em alguns casos a aplicação in natura de rochas moídas tem apresentado efeitos agronômicos positivos, porém, influenciados por fatores como a natureza da rocha, as características do solo e a espécie vegetal (Resende et al., 2005).

Para se aplicar as rochas ao solo devem-se conhecer as necessidades dos solos da região, procurar entre as rochas encontradas mais próximas, as que preenchem, ou satisfazem

as maiores carências. As composições mineralógica e química das rochas é que determinam a disponibilidade de nutrientes inorgânicos aos solos (Miedema, 2003).

Embora dezenas de entidades ligadas à agricultura orgânica no país venham utilizando esses materiais na agricultura, são raros os estudos com base científica que avaliaram o efeito desses materiais no desenvolvimento de plantas cultivadas. Um desses trabalhos, conduzido por Escosteguy et al., (1985), em casa de vegetação, concluiu não ter havido efeito da aplicação de doses equivalentes a até 200 t de basalto moído por hectare no desenvolvimento das plantas em solo de baixa fertilidade do Rio Grande do Sul, e tampouco modificações substanciais nas propriedades químicas do solo. Não foi avaliado neste trabalho, entretanto, o efeito residual desse material em culturas subseqüentes, devido ao pequeno período de condução do experimento. Knapik et al. (2005) realizando testes com pó de basalto na cultura da soja com doses de 0.5 e 2 kg/m<sup>2</sup> obteve maiores valores de peso de 100 sementes quando foi aplicada a maior dose do produto, sendo que a adubação convencional com NPK apresentou o pior resultado.

Em um ensaio conduzido com a cultura do cacau Borges Filho et al. (2004) não constataram efeito melhorador de solo pela aplicação da rocha moída de Ipirá sobre a produção média de sementes/planta e produção média de frutos/planta, quando foram aplicadas doses de até 8 kg/planta, porém a produção de frutos inteiros foi incrementada até a dose estimada de 4.9 kg/planta; para valores maiores houve decréscimo da produção. O autor observou o mesmo comportamento para a produção de sementes “in natura”, sendo que utilizando até 4.7 kg/planta do melhorador de solo houve incremento na produção. Almeida et al. (2004) conduzindo estudos com saprólito de basalto na cultura do feijão, não observou diferenças no número de vagens por plantas e no número de grãos por vagem após 6 meses de aplicação do produto.

A aplicação de rochas moídas (rochagem) apresenta alguns fatores condicionantes para que se obtenham bons resultados (Osterroht, 2003). É importante que a granulometria do material seja fina, assim a superfície específica será maior, aumentando a superfície exposta ao ataque dos agentes químicos e biológicos de intemperismo. O autor destaca também a importância de uma adequada atividade biológica no solo, pois toda vez que esta estiver comprometida a mobilização de nutrientes a partir de fontes de lenta liberação fica também prejudicada. Quanto mais alta estiver a atividade biológica, mais alta será a extração de nutrientes. O uso complementar de composto orgânico (compostagem) associado ao emprego de rochas moídas mostrou-se vantajoso para o desenvolvimento das culturas (Theodoro & Rocha, 2005). O tipo de solo e a umidade também influem no resultado, sendo que solos ácidos e úmidos durante grande parte do ano, representam o ambiente ideal para o intemperismo de rochas moídas. O autor destaca a maior utilidade do emprego de rochas moídas em solos altamente intemperizados, por não apresentarem mais reservas minerais. Isto ocorre nos solos tropicais, estes envolvem do ponto de vista mineralógico, pela perda de nutrientes, através de intensivos processos de intemperismo e lixiviação.

Normalmente as rochas silicáticas possuem quantidades variáveis de diversos nutrientes que podem apresentar-se na forma de compostos com maior ou menor facilidade de solubilização, dependendo do teor total e da cinética de dissolução dos minerais (Machado et al., 2005).

Algumas rochas silicáticas podem ser usadas como fonte alternativa de potássio. Resende et al. (2005) observou que com a correção da acidez do solo e o fornecimento dos demais nutrientes pela adubação em cultivo sucessivo de soja e milho, o potássio liberado pelas rochas foi suficiente para promover o crescimento das culturas de modo comparável ao crescimento obtido quando se utilizou KCl, sendo que das rochas utilizadas a ultramáfica alcalina destacou-se das demais.

Segundo Machado et al., (2005) não há evidências de que a aplicação das rochas tenha resultado em impacto expressivo na absorção de outros nutrientes além do K. Estudos preliminares realizados com o uso de lama seca de granito evidenciaram resultados satisfatórios no fornecimento de nutrientes em uma plantação de coco orgânico nos arredores de Salvador (Gama, 2003). O autor afirma que os aspectos mais favoráveis ao uso de lama de granito como fertilizante na agricultura orgânica são a sua composição, com ampla variedade de elementos químicos, e a fina granulometria dos seus constituintes.

Uma outra vantagem da utilização de rochas moídas é o fornecimento de silício. Este elemento geralmente não é considerado entre o grupo de elementos essenciais para o crescimento das plantas (Korndörfer & Datnoff, 1995), mas é tido como elemento benéfico, primordial na agricultura atual, pois quando a planta está bem nutrida com sílica, ela apresenta maior resistência ao ataque de pragas e doenças (Barreto, 1998).

O silício é um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre e algumas espécies de plantas absorvem grandes quantidades durante seu ciclo (Grassi Filho, 2003). Este elemento participa da estrutura das plantas oferecendo maior resistência física, trazendo outros benefícios às culturas como aumentos na produtividade e na resistência a deficiência hídrica. A forma solúvel presente na solução do solo e pela qual a planta absorve o Si é o ácido silícico.

A adubação com silício tem demonstrado eficiência no controle ou redução da incidência de várias doenças importantes do arroz. De acordo com Korndörfer & Datnoff (1995) uma aplicação de silício antes do plantio pode eliminar ou reduzir o número de aplicações com fungicidas durante o ciclo da cultura.

O mecanismo de resistência a doenças é conferido pelo Si pela associação deste com constituintes da parede celular, tornando-as menos acessíveis às enzimas de degradação (Korndörfer & Datnoff, 1995).

O silício promove interação com vários elementos que favorecem a nutrição da planta. Segundo Grassi Filho (2003) o silício promove aumento na disponibilidade do fósforo do solo, seja porque o silicato o desloca de sítios de adsorção (ou ocupa-os preferencialmente) na argila e nos sesquióxidos, ou porque diminui a atividade dos íons  $Al^{+3}$  em solução evitando que estes precipitem o  $H_2PO_4^{-1}$ , resultando em aumento na absorção de fósforo pelas plantas.

### **1.5.3 Utilização de adubos orgânicos associados ao pó-de-rochas**

Os esterco animais vem sendo empregados 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 o 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 esterco 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 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.

O grau de decomposição em que se encontra o esterco e sua riqueza em diversos elementos minerais essenciais à vida da planta define o seu valor como fertilizante. A composição dos resíduos orgânicos pode variar muito, conforme a origem do material, a espécie animal, a alimentação utilizada, a proporção entre os dejetos (fezes + urina), o

material utilizado para cama e o manejo desses materiais orgânicos (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004). A composição média do esterco bovino é apresentada na tabela 1.4.

**Tabela 1.4.** Concentrações médias de nutrientes e teor de matéria seca no esterco de bovinos.

	C- org.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	MS
<b>Material orgânico</b>	-----% (m/m)-----						
Esterco Sólido	30	1.5	1.4	1.5	0.8	0.5	20
Esterco Líquido	13	1.4	0.8	1.4	1.2	0.4	4

Fonte: SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004.

Em solos, independente de sua origem, os esterco animais têm produzido resultados favoráveis às culturas, chegando algumas vezes a igualar ou até mesmo superar os efeitos dos fertilizantes minerais (Kiehl, 1995).

Os esterco apresentam taxas de liberação de nutrientes variáveis, o que afeta a disponibilidade para as plantas. O índice de eficiência (Tabela 1.5) indica a proporção da quantidade total de nutrientes contidos nos esterco sólidos e líquidos, disponibilizada nos dois primeiros cultivos após a aplicação.

**Tabela 1.5.** Índice de eficiência dos nutrientes no solo do esterco bovino em cultivos sucessivos.

Resíduo	Nutriente	Índice de Eficiência	
		1º cultivo	2º cultivo
Esterco Bovino Sólido	N	0.3	0.2
	P	0.8	0.2
	K	1.0	-
Esterco Bovino Líquido	N	0.5	0.2
	P	0.8	0.2
	K	1.0	-

Fonte: SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004.

O potássio torna-se inteiramente disponível no primeiro cultivo, por não fazer parte de nenhum composto orgânico que necessite de mineralização microbiana (SBCS - Comissão de

Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004). Estes fertilizantes são considerados de baixa concentração em nutrientes, por isto são empregados em doses maiores.

O feijão comum foi escolhido como cultura teste devido sua grande importância no estado de Santa Catarina, inclusive na região do Planalto Catarinense, sendo caracterizada como uma cultura de pequenas propriedades (agricultura familiar). O feijoeiro comum é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero, sendo fonte protéica de baixo custo e seu cultivo é feito tanto no sistema solteiro como no consorciado com outras culturas.

Esta cultura desenvolve-se melhor em solos com pH em torno de 6.0. Próximo deste valor os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B encontram-se em disponibilidade máxima ou ainda em boa disponibilidade (Mo, Fe, Cu, Mn, Zn), ao passo que a concentração de alumínio tóxico é eliminada ou reduzida ao mínimo (Vieira, 1998). Condições de pH próximo a 6.0 também favorecem o desenvolvimento de simbiose rizóbio-planta e a fixação do N do ar. O feijão é considerado uma cultura bastante sensível à acidez do solo (SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004), mas existem variedades mais e menos tolerantes. De acordo com Andrade et al. (2004) a exigência nutricional do feijoeiro em ordem decrescente é a seguinte: N, K, Ca, Mg, S, P, Fe, Mn, B, Zn e Cu e a exportação pelos grãos, da mesma maneira: N, K, P, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, B e Cu.

Em geral as leguminosas quando inoculadas com bactérias simbióticas fixadoras do N do ar, não necessitam de adubação nitrogenada. Porém o feijão por não ter no momento raças de rizóbios eficientes, ainda necessita receber N sob a forma de adubo (Sherer & Bartz, 1981). Segundo o manual de adubação e calagem (SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004) a quantidade de N a ser aplicada varia de 20 a 50 kg N/ha, conforme o teor de matéria orgânica do solo. A dose de fósforo e potássio é determinada em função do teor no solo e do número de cultivos, tendo o P a dose máxima de 105 kg de  $P_2O_5$ /ha para teor no solo muito baixo e primeiro cultivo e o K de 110 kg/ha de  $K_2O$  também para teor muito

baixo e primeiro cultivo. Ca e Mg são fornecidos à cultura pela calagem, utilizando calcário dolomítico ou magnesiano.

Devido à falta de informações agronômicas sobre o efeito do uso de pó-de-rochas como melhoradores da qualidade dos solos e como fonte de nutrientes às plantas cultivadas, bem como do efeito da adição de esterco animal sobre a dissolução mais rápida destes materiais, e considerando ainda a abundância do basalto em Santa Catarina (ATLAS, 1986), o estudo do potencial destes materiais para emprego na agricultura torna-se importante.

## 1.6 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na localidade das Pedras Brancas, no município de Lages, em um solo da classe Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 1999) de textura média, com um teor de 20% de argila e em torno de 60% de areia total no horizonte A. O uso anterior da área do experimento era com campo nativo, sendo utilizado como pastagem para gado de corte.

Foram avaliados dois tipos de basalto, um meláfiro proveniente do município de Ponte Alta, SC, da pedreira Manjolinho, localizada às margens da BR 116 e um basalto comum retirado do município de São José do Cerrito, SC, da pedreira do 10º Batalhão de Engenharia de Construção, localizada às margens da BR 282.

Em laudo técnico de análise petrográfica fornecido pela pedreira de Ponte Alta constatou-se que o basalto é do tipo meláfiro e de um modo geral 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, clinopiroxênio do tipo augita, opacos pirita e ilmenita, argilo-minerais, amídalas e óxidos de ferro. O basalto comum da pedreira do 10º Batalhão não sofreu nenhum tipo de análise.

Os basaltos, recolhidos na forma de brita, sofreram moagem em moinho de martelos com grelhas de 0.8 mm de abertura, separando-se o material com diâmetro inferior a 2 mm, produzindo-se materiais com a composição granulométrica apresentada no quadro 1.1.

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições por tratamento, em parcelas com dimensões de 3 X 4 m, totalizando uma área de 720 m<sup>2</sup>, onde os tratamentos foram distribuídos mediante sorteio aleatório.

**Quadro 1.1.** Composição granulométrica dos basaltos e do granito em porcentagem.

Material	Peneira			
	2.0 mm	0.8 mm	0.30 mm	< 0.30 mm
Basalto Batalhão	1.8	26.5	20.9	50.8
Basalto Ponte Alta	1.5	29.0	20.0	49.5
Granito	1.3	30.7	31.5	36.5

O solo apresentava inicialmente as seguintes características: pH H<sub>2</sub>O = 4.69; pH SMP = 5.47; pH KCl = 4.05; Al<sup>+3</sup> = 1.3 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> H + Al = 4.54 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; K = 58.5 mg/dm<sup>3</sup>; Na = 5 mg/dm<sup>3</sup>; P = 16.8 mg/dm<sup>3</sup>; Carbono = 1.57%; M. O. = 2.72%; Ca = 1.3 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Mg = 0.18 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> (Tedesco et al, 1995).

O pH da área foi corrigido para o valor de 5.2 baseando-se na determinação do pH SMP (Almeida et al., 1999), adicionando-se o equivalente a 3.0 ton/ha de calcário filler (PRNT 100%). A necessidade de fósforo e potássio foi suprida pela adição de fontes naturais, sendo o potássio pela aplicação de granito feldspático da região de Ibirama, SC, com a granulometria apresentada no quadro 1.1 e o fósforo através de uma apatita do estado de São Paulo. Estes nutrientes foram aplicados em toda a área, excluindo-se as parcelas que continham o tratamento com adubação convencional NPK. Foram aplicados 101 kg de granito (base seca) e 37 kg de apatita (base seca) em 672 m<sup>2</sup>. O granito também sofreu processo de moagem em moinho de martelo e peneiramento.

Os tratamentos foram os seguintes: testemunha (calagem pH 5.2, K-Feldspato, P-Apatita); NPK (pH 5.2; N 90 kg/ha na forma de uréia, sendo 1/3 na semeadura e o restante em cobertura; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 65 kg/ha na forma de SFT; K<sub>2</sub>O 70 kg/ha na forma de KCl), esterco (calagem pH 5.2, K-Feldspato, P-Apatita, esterco bovino), Basalto Batalhão (BBT) e Basalto Ponte Alta (BPA) nas doses 2.5, 5.0 e 10.0 ton/ha (base seca), além dos tratamentos com as mesmas doses de basalto associado à adição de esterco bovino, totalizando 15 tratamentos. A quantidade de esterco aplicada foi de 2369 kg/ha (base seca).

A área foi preparada inicialmente com a passagem de enxada rotativa. Após a aplicação do calcário em superfície aplicou-se as fontes naturais de potássio e de fósforo nos tratamentos correspondentes, os quais foram incorporados com enxada rotativa. Os pós-de-rocha e o esterco foram aplicados uniformemente sobre a superfície das parcelas e posteriormente incorporados na camada mais superficial do solo através de duas passagens com enxada rotativa.

Como cultura teste utilizou-se o feijão variedade Uirapuru durante o verão e trigo variedade Ônix no inverno. A variedade de feijão utilizada apresenta um ciclo intermediário de 86 dias, hábito de crescimento indeterminado e porte ereto. Pertence ao grupo comercial preto, sendo adaptada a colheita mecanizada, é tolerante a seca e a baixas temperaturas. Em relação a doenças apresenta-se suscetível à antracnose, crestamento bacteriano, mancha angular e mosaico dourado e resistente à ferrugem, mosaico comum e oídio (Associação Brasileira de Sementes e Mudanças, 2006).

No primeiro cultivo, o feijão foi semeado em 21/01/05, com espaçamento de 50 cm entre linhas, deixando-se 12 plantas/m e 6 linhas /parcela. As sementes não foram inoculadas. A colheita foi realizada no dia 27/05/05 totalizando um ciclo de 127 dias.

Neste primeiro cultivo do feijão foram realizadas avaliações de altura de planta, avaliação de doenças e tratos culturais como capina manual. A avaliação de altura das plantas foi feita pela média de 6 medições por parcela. A avaliação de doenças foi realizada apenas em 7 tratamentos (Testemunha, NPK, Esterco, BBT10, BBT10 + est, BPA10, BPA10 + est) através da coleta de 20 trifólios por parcela. A doença avaliada foi a ferrugem, durante 3 estágios de desenvolvimento da cultura, sendo avaliados os seguintes parâmetros: severidade, que se refere a proporção de tecido doente do hospedeiro em relação ao sadio; e incidência, que se refere ao número de plantas doentes por 100 plantas contadas (Bergamin Filho, 1978). A incidência é de maior simplicidade, precisão e facilidade de obtenção, já a severidade é uma

medida mais laboriosa e que exige maior conhecimento da doença estudada, porém é a que melhor expressa a quantidade de tecido lesionado pela doença. Os valores de severidade foram submetidos à Área Abaixo da Curva de Progresso de Doença (AACPD), calculada por integração trapezoidal (Campbell & Madden, 1990), através da equação:

$$AACPD = \sum_i^{n-1} \left[ \frac{Y_i + y_{i+1}}{2} \right] (t_{i+1} - t_i)$$

em que n é o número de avaliações, y a intensidade da doença e t o tempo quando da avaliação da intensidade da doença.

No início do florescimento foram coletadas amostras para análise foliar. Foram amostradas 30 plantas/parcela, retirando-se a terceira folha com pecíolo do terço médio (SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004).

Ao final do ciclo da cultura realizou-se a avaliação de rendimento de grãos através da colheita das plantas em cada parcela. Realizou-se a trilhagem do material em máquina trilhadeira estacionária e após determinou-se o rendimento de grãos de cada parcela (massa seca) através de pesagem.

Para o plantio de trigo preparou-se novamente a área com enxada rotativa. O trigo foi semeado no dia 17/08/05 com máquina acoplada ao trator deixando-se um espaçamento entre linhas de 20 cm. Na cultura de inverno não foram feitas avaliações devido a desuniformidade do stand por excesso de chuvas no período de desenvolvimento. Antes da semeadura do feijão, as plantas de trigo sofreram corte e foram retiradas do local até o preparo do solo para a cultura de verão.

O segundo cultivo de verão foi instalado no dia 16/12/05 após a passagem da rotativa. Deixou-se o mesmo espaçamento e número de plantas do primeiro cultivo. A palhada do trigo foi distribuída sobre a área experimental após a semeadura. Para o trigo e o segundo cultivo de verão não se procedeu a replicação dos pós-de-rocha, avaliaram-se apenas seus efeitos

residuais. No trigo reaplicou-se apenas o tratamento NPK (N 40 kg/ha na forma de uréia;  $P_2O_5$  50 kg/ha na forma de SFT;  $K_2O$  40 kg/ha na forma de KCl), para o segundo cultivo de feijão reaplicou-se o esterco na quantidade de 2209 kg/ha (base seca) e o tratamento NPK ((N 30 kg/ha na forma de uréia;  $P_2O_5$  65 kg/ha na forma de SFT;  $K_2O$  70 kg/ha na forma de KCl). O nitrogênio foi parcelado, sendo 1/2 da dose na semeadura e o restante em cobertura.

Para não limitar o desenvolvimento aplicou-se nitrogênio em cobertura em todas as parcelas no dia 17/01/06. Nas parcelas onde não havia esterco aplicou-se a quantidade equivalente ao tratamento NPK (30 kg/ha na forma de uréia) e nas parcelas que receberam esterco, descontou-se o que este material fornece considerando o índice de eficiência, portanto aplicou-se 23 kg/ha. Realizou-se novamente a avaliação de altura de plantas, porém em época diferente do primeiro cultivo. O segundo cultivo de verão também não foi avaliado, pois este, devido a invasão de gado na área cercada, foi perdido.

Após um ano da aplicação dos tratamentos foram coletadas amostras de solo de cada parcela na camada de 0-10 cm com trado holandês, para realização de análise química. Foram realizadas as seguintes determinações: pH em água na relação solo: água de 1:1; pH em sal através de uma solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; extração de Ca e Mg trocáveis com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinação por espectrofotometria de absorção atômica; extração de sódio e potássio trocáveis com acetato de amônio 1 mol L<sup>-1</sup> e determinação por espectrofotometria de emissão; hidrogênio mais alumínio, com acetato de cálcio 0.5 mol L<sup>-1</sup> pH 7.0 e determinação por titulometria; extração do fósforo pelo método Mehlich 1 e determinação por colorimetria; o teor de matéria orgânica, através da combustão úmida com dicromato de potássio, conforme os procedimentos descritos em Tedesco et al. (1985).

O material da parte aérea foi seco em estufa, moído e submetido a análise química para determinação dos teores de macro e micronutrientes. Os macronutrientes avaliados foram N, P, K, Ca e Mg através da digestão sulfúrica e os micronutrientes foram Cu, Zn, Fe, Mn através

da digestão nitro-perclórica, conforme os procedimentos descritos em Tedesco et al. (1985). O nitrogênio foi determinado por arraste de vapor em aparelho semimicro-Kjeldahl, de acordo com Tedesco et al. (1985); Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn por espectrofotometria de absorção atômica e o K por espectrofotometria de emissão. Os dados foram submetidos a análise estatística com o auxílio do programa SAS, aplicando-se a análise de variância pelo teste F ( $P < 0,05$ ), e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan. Os dados da AACPD foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 1.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.7.1 Rendimento de grãos

A produtividade média do feijão foi de 704 kg/ha, com variações entre as doses de basalto moído e esterco bovino, sem um comportamento evidente para este fator avaliado. O tratamento que obteve o maior rendimento foi o BPA 10 + Esterco, o qual diferiu estatisticamente apenas do tratamento BPA 2.5 (Tabela 1.6).

A resposta do feijão aos tratamentos testados possivelmente foi limitada pela distribuição irregular de chuvas e abaixo da média nos meses subsequentes a semeadura, considerando que este foi um ano de seca, também pela conformação do terreno, o qual favorece maior acúmulo de água em algumas parcelas, enquanto outras permaneceram mais secas e pelo pouco tempo de reação do produto, considerando que as rochas apresentam uma dissolução lenta dos minerais presentes.

A produção de feijão ficou em torno da média nacional, que no ano agrícola 2004/2005 foi de 741 kg/ha, porém abaixo da média catarinense, que no mesmo período foi de 1.185 kg/ha (Conab, 2005).

Motta et al. (1992) trabalhando em um Latossolo Roxo em casa de vegetação no departamento de solos da UFPR com doses de pó-de-basalto variando de 0 a 50 ton/ha observou tendência de decréscimo na produção de matéria seca de aveia com o aumento da dose de basalto.

**Tabela 1.6.** Rendimento de feijão cultivado com doses de basalto, associado ou não ao uso de esterco (média de 4 repetições).

<b>Tratamento</b>	<b>Rendimento (kg/ha)</b>
Testemunha	613 ab
NPK	810 ab
Esterco	811 ab
BBT 2.5	605 ab
BBT 5.0	643 ab
BBT 10	746 ab
BBT 2.5 + Esterco	603 ab
BBT 5.0 + Esterco	819 ab
BBT 10 + Esterco	793 ab
BPA 2.5	459 b
BPA 5.0	742 ab
BPA 10	581 ab
BPA 2.5 +Esterco	687 ab
BPA 5.0 +Esterco	759 ab
BPA 10 +Esterco	896 a
CV %	34.04

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção – São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.

Knapik (2005) avaliando diferentes substratos e adubações no desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella* observou que em um dos substratos (Substrato comercial + Fibra de coco + Húmus de minhoca na proporção 6:3:1) a adubação com pó de basalto proporcionou médias absolutas de biomassa seca da parte aérea (BSPA), de raízes (BSR) e biomassa seca total (BST) maiores que a testemunha. Em um outro ensaio, a mesma autora avaliando dois substratos com diferentes adubações no desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella* observou que a adição de esterco de cavalo ao substrato prejudicou o desenvolvimento da BSPA, BSR e BST das mudas. A adubação com pó de basalto proporcionou biomassa seca inferior à adubação com P, K e à testemunha. O tratamento que obteve as piores médias nas variáveis avaliadas foi o substrato comercial associado ao esterco de cavalo adubado com o pó de basalto.

Almeida et al. (2004) obtiveram bons resultados quando misturado pó de basalto com esterco. Os autores testaram o pó de basalto em diferentes doses, associado ou não ao esterco bovino na quantidade de 4.000 kg/ha. O pó de basalto foi misturado ao solo, no qual foi plantado feijão. Relativo à produtividade de feijão, os autores encontraram os melhores resultados quando adicionado 2 t/ha de pó de basalto, seguido do tratamento com 4 t/ha de pó de basalto + 4 t/ha de esterco bovino, porém sem diferenças estatísticas.

Kudla et al. (1996) estudando o efeito do pó de basalto aplicado em um Cambissolo álico sobre o solo e crescimento de trigo em casa de vegetação com doses variando de 0 a 225 ton/ha obteve efeito positivo sobre a produção de grãos, porém com tendência a decrescer com o aumento da dose utilizada. O autor acredita que pode haver outros fatores que não foram analisados e que podem vir a diminuir a produtividade.

### **1.7.2 Altura de plantas**

Tanto no primeiro como no segundo cultivo, mesmo sendo avaliado em épocas diferentes o tratamento com maior altura foi o NPK, visto que neste os nutrientes estão em forma prontamente disponível para as plantas, refletindo em maior crescimento. No primeiro cultivo as plantas foram avaliadas em estágio mais avançado de desenvolvimento, portanto apresentam maior altura em relação ao segundo cultivo. O tratamento BPA 2.5, assim como no rendimento, apresentou a pior média (Tabela 1.7). No primeiro cultivo apenas os tratamentos BBT 2.5, BPA 2.5 e BPA 10 diferiram da testemunha, já no segundo cultivo com exceção do tratamento NPK e o BPA 2.5 os demais não diferiram da testemunha, mostrando que não houve efeito benéfico do pó de basalto sobre este parâmetro avaliado. Motta et al. (1992) trabalhando em um Latossolo Roxo com doses crescentes variando de 0 a 50 t/ha de

basalto encontraram acréscimos na altura de aveia, com maior crescimento nas doses mais altas de basalto em relação à testemunha.

**Tabela 1.7.** Altura de plantas de feijão (1º e 2º cultivo) cultivadas com doses de basalto associado ou não ao esterco bovino (média de 6 plantas/parcela).

Tratamento	Altura 1º Cultivo (cm)	Altura 2º Cultivo (cm)
Testemunha	37.3 ab	21.3 bc
NPK	45.6 a	29.6 a
Esterco	36.9 ab	21.0 bc
BBT 2.5	34.3 b	19.4 bc
BBT 5.0	36.8 ab	20.7 bc
BBT 10	35.4 ab	20.4 bc
BBT 2.5 + Esterco	34.5 ab	19.8 bc
BBT 5.0 + Esterco	38.3 ab	19.5 bc
BBT 10 + Esterco	39.9 ab	21.8 b
BPA 2.5	33.2 b	18.5 c
BPA 5.0	35.4 ab	20.6 bc
BPA 10	34.8 b	20.1 bc
BPA 2.5 + Esterco	36.2 ab	21.2 bc
BPA 5.0 + Esterco	39.4 ab	21.7 bc
BPA 10 + Esterco	40.3 ab	22.2 b
<sup>1</sup> CV %	7.8	4.5

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

<sup>1</sup> Coeficiente de variação obtido com médias transformadas ( $\sqrt{y + 3/8}$ ).

Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção –São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.

Knapik (2005) trabalhando com diferentes substratos e adubação no desenvolvimento de mudas de *Mimosa scrabella* encontrou maiores médias de altura para a adubação NPK + micro, seguida da adubação NPK, pó de basalto e por fim a testemunha. Nos tratamentos onde foi utilizado pó de basalto o autor obteve médias maiores em relação à testemunha em todas as composições de substrato, no entanto, sem diferença estatística. Já para mudas de *Prunus sellowii* a adubação com pó de basalto e a testemunha proporcionaram crescimento estatisticamente menor em altura em todos os substratos. No entanto, em termos absolutos, as médias obtidas com o pó de basalto foram maiores que as encontradas na testemunha.

Em um outro ensaio o mesmo autor avaliando dois substratos (substrato comercial e substrato comercial + esterco de cavalo) e diferentes adubações (sem adubação, P K e pó de basalto) no desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella* observou que tanto a adição de esterco de cavalo, quanto a adubação com pó de basalto prejudicaram o desenvolvimento das mudas. O autor atribuiu o pior desenvolvimento das mudas no tratamento com adubação com pó de basalto a compactação do substrato proporcionado por este material, pois onde o pó de basalto foi adicionado, a densidade do substrato foi elevada, e a porosidade diminuiu, o que levou a uma menor aeração do substrato.

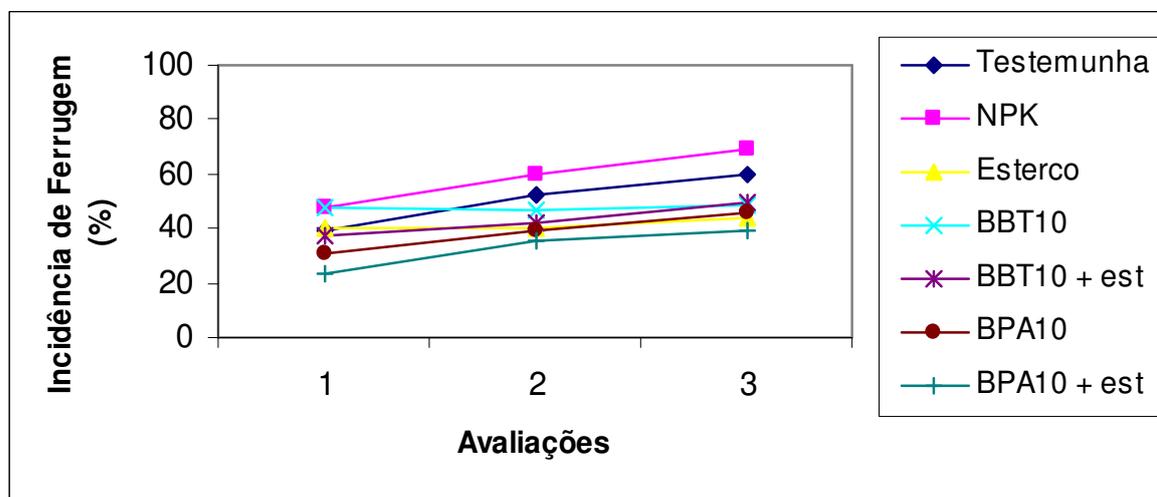
### **1.7.3 Avaliação de Ferrugem**

A ferrugem pela classificação da fitopatologia pertence ao grupo 5, as quais são doenças que interferem no processo de fotossíntese e caracterizam-se por ocorrerem principalmente sobre as folhas (Bergamin Filho, 1978). Segundo a Associação Brasileira de Sementes e Mudas (2006), a cultivar Uirapuru é considerada resistente a ferrugem, no entanto neste experimento a cultivar mostrou-se suscetível, apresentando uma intensidade da doença bastante elevada.

Dos tratamentos avaliados a incidência de ferrugem foi maior no tratamento NPK e na testemunha (Figura 1.1), e menor nos tratamentos BPA 10 e BPA 10 + Esterco. A severidade foi maior no tratamento NPK seguido do BBT 10 + Esterco e a testemunha (Figura 1.2).

A menor intensidade da doença nos tratamentos com pó de rocha pode estar relacionada à maior absorção de silício e, ou ao melhor equilíbrio nutricional do feijão nestes tratamentos. Este elemento pode trazer inúmeros benefícios às culturas, incluindo aumento na produtividade e na resistência a doenças fúngicas (Korndörfer & Datnoff, 1995). O silício

absorvido pela planta é depositado principalmente na parede celular, abaixo da cutícula, aumentando a rigidez da célula (Adatia & Besford, 1986).



**Figura 1.1.** Incidência de ferrugem avaliada nos dias 31/04, 04/04 e 11/04/05.

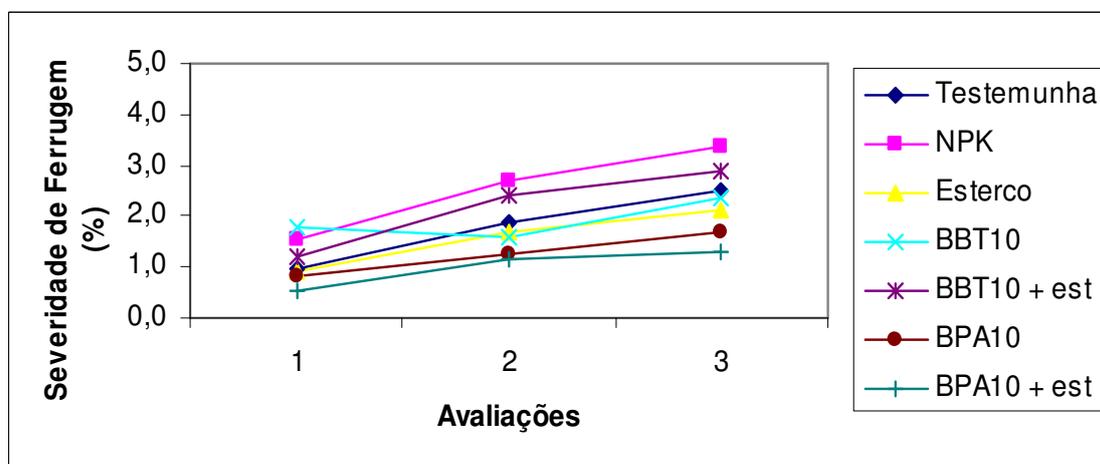
Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção - São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.



**Figura 1.2.** Severidade de ferrugem avaliada nos dias 31/04, 04/04 e 11/04/05.

Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção - São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.

A partir dos valores de intensidade da doença, foi calculada a área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD) (Tabela 1.8). Quanto maior o valor de AACPD maior é a

intensidade da doença. Comparando-se os tratamentos verifica-se que a menor intensidade da doença ocorreu nos tratamentos BPA 10 + Esterco e BPA 10 e foi maior no tratamento NPK.

Santos et al. (2003) trabalhando com adubação com silício na cultura do arroz verificou menor severidade de brusone nas folhas e maior produtividade nos tratamentos com maiores doses do elemento, sendo que as doses variaram de 1000 a 6000 kg/ha de silicato de Ca.

**Tabela 1.8.** Efeito dos tratamentos na área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD) para ferrugem na cultivar uirapuru.

Tratamentos	AACPD	
	Incidência (%)	Severidade (%)
Testemunha	1582.00 ab	64.95 ab
NPK	1758.40 a	86.86 a
Esterco	1208.20 cd	57.58 bc
BBT 10	1360.80 bc	65.71 ab
BBT 10 + est	1298.15 cd	76.65 ab
BPA10	1185.80 d	37.92 cd
BPA 10 + est	982.80 e	31.62 d
C.V. (%)	7.23	17.45

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey a 5%.

Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção –São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.

A menor ocorrência da doença no tratamento com basalto associado ao esterco (BPA 10 + est) e somente esterco (média absoluta) pode estar relacionado ao cobre, pois este elemento também está envolvido em mecanismos de resistência a doenças. A resistência de plantas a doenças fúngicas está relacionada com o suprimento deste elemento (Dechen et al, 1991 a). A adição de esterco, juntamente com a calagem pode ter estimulado a mineralização da matéria orgânica, liberando Cu para a solução (Camargo, 1991).

### 1.7.4 Análise química do solo

O pH do solo, que era considerado muito baixo (4.69) passou para valores variando de 5.05 a 5.57 (Tabela 1.9), porém sem diferenças estatísticas entre os tratamentos. Os tratamentos BBT 5.0 + E e BPA 10 + E apresentaram valores de pH considerados médios (SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004). O maior valor na análise estatística foi encontrado no tratamento BPA 10 + E, seguido do BBT 5.0 + E e BPA 5.0. A variação entre os tratamentos pode ser devido a grande ocorrência de ventos no dia da aplicação do calcário, o que pode ter ocasionado maior acúmulo do material em algumas parcelas. Apesar do basalto possuir grandes quantidades de CaO e MgO, o material não resultou em maiores aumentos no pH nas parcelas onde o material foi aplicado.

**Tabela 1.9.** Valores de pH, Al e M.O. de um Cambissolo cultivado com doses de basaltos.

Tratamento	pH H <sub>2</sub> O	Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	M.O. (%)
Testemunha	5.44 a	0.245 b	2.38 a
NPK	5.10 a	0.505 a	2.91 a
Esterco	5.09 a	0.642 a	3.37 a
BBT 2.5	5.10 a	0.546 a	2.58 a
BBT 5.0	5.05 a	0.605 a	2.76 a
BBT 10	5.29 a	0.270 ab	2.81 a
BBT 2.5 + E	5.07 a	0.803 a	3.09 a
BBT 5.0 + E	5.54 a	0.186 ab	2.62 a
BBT 10 + E	5.22 a	0.372 ab	2.43 a
BPA 2.5	5.03 a	0.432 ab	2.70 a
BPA 5.0	5.45 a	0.378 ab	2.62 a
BPA 10	5.33 a	0.378 ab	2.64 a
BPA 2.5 + E	5.23 a	0.414 ab	2.68 a
BPA 5.0 + E	5.25 a	0.432 ab	2.47 a
BPA 10 + E	5.57 a	0.307 ab	2.69 a
<sup>1</sup> CV %	3.12	21.08	12.95

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

<sup>1</sup> Coeficiente de variação obtido com médias transformadas ( $\sqrt{y + 3/8}$ ).

Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção –São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.

As plantas só se desenvolvem bem e produzem colheitas compensadoras quando o pH do solo se apresenta dentro de faixas determinadas, características para cada cultura (Malavolta & Haag, 1974). Para a cultura do feijão este valor fica na faixa de 6.0 (SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004), porém em solos altamente tamponados, como os Cambissolos, devido ao alto teor de matéria orgânica e o Al trocável, o aumento do pH para valores acima de 5.5 não tem sido revertido em aumentos na produtividade das espécies cultivadas. Ernani et al. (2001) trabalhando com o mesmo solo em casa de vegetação a influência da calagem na produção de matéria seca de 16 espécies de plantas de cobertura e adubação verde observou que a calagem não afetou a produção de matéria seca de quatro espécies, 11 espécies apresentaram um incremento quadrático na produção de matéria seca com a calagem. Todas tiveram a máxima produtividade em valores de pH iguais ou inferiores a 5.5 e, em nove espécies, o pH ideal foi igual ou inferior a 5.2. Por essa razão, Almeida et al. (1999) propuseram a elevação do pH dos solos altamente tamponados do estado de Santa Catarina para apenas 5.2. Ernani et al. (2000) trabalhando em um Latossolo o efeito da combinação de quantidades crescentes de P e de calcário no rendimento de milho obteve resposta a calagem até pH 5.4 na média de 4 safras, mostrando que o Al trocável foi o maior entrave ao aumento do rendimento. A adição de esterco bovino não interferiu nos valores de pH do solo, visto que a matéria orgânica influi no controle do pH pelo aumento da sua capacidade de tamponamento (Holanda et al., 1984).

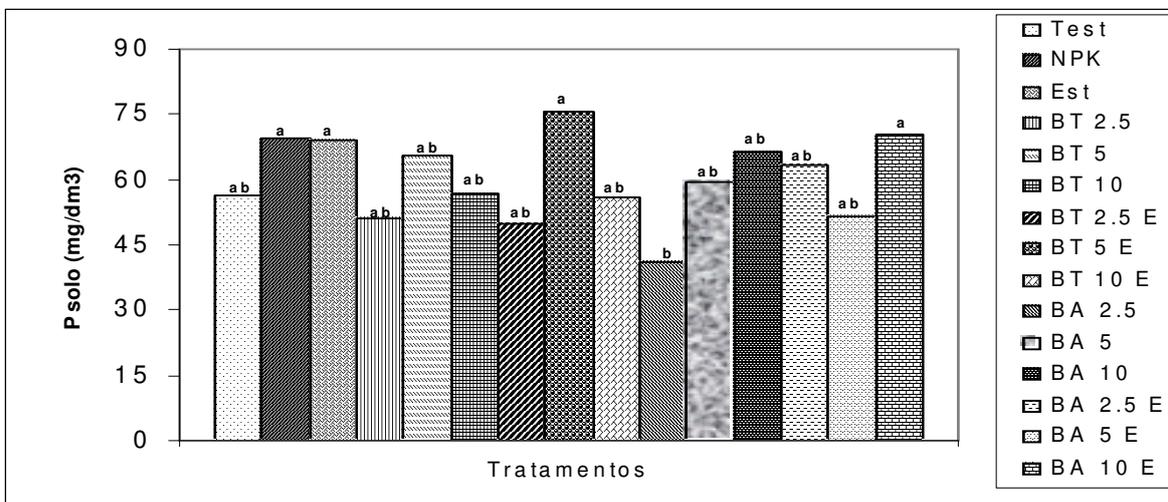
Kudla et al. (1996) encontraram um pequeno efeito do basalto sobre o pH do solo utilizando doses de até 255 ton/ha incubado em um Cambissolo álico por um período de 3 meses. O autor diz que os resultados obtidos na condição experimental indicam que o uso do pó de basalto na correção da acidez em solos com alto poder tampão é muito pouco provável, face a altas doses que são necessárias.

Não houve modificações no teor de matéria orgânica (tabela 1.9), apenas o tratamento esterco apresentou média absoluta um pouco superior aos demais tratamentos.

Os teores de Al trocável diminuíram (Tabela 1.9) devido a aplicação de calcário, visto que são necessárias altas doses de basalto para promover pequenas modificações nos parâmetros químicos relacionados a acidez. A solubilidade do Al diminui com a calagem e, quando o pH do solo atinge valores superiores a 5.4-5.5, o  $Al^{3+}$  precipita completamente (Ernani & Almeida, 1986) e deixa de prejudicar as plantas. A matéria orgânica também favorece a diminuição do alumínio trocável do solo mediante a complexação desse íon pelos radicais orgânicos que apresentam cargas negativas em várias direções (Holanda et al, 1984). Ernani & Gianello. (1983) estudando o efeito da incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário na diminuição do Al trocável, observou diminuição em função da incorporação destes materiais. Para o esterco bovino na dose utilizada (12 ton/ha) a amplitude de diminuição foi muito pequena e ambos apresentaram capacidade semelhante, porém bastante inferior a do calcário. O  $Al^{+3}$  decresceu de 5.4 para 4.8 e 2.5 meq/100 g solo quando incorporadas 12 ton/ha de esterco de bovinos e 36 ton/ha de cama de galinhas respectivamente. Os valores se mantiveram inalterados durante os 120 dias do período experimental.

O P apresentou valores altos (Figura 1.3), sendo o maior valor encontrado no tratamento BBT 5.0 + E, porém deve ser interpretado com cautela, visto que foi aplicado fosfato natural e o extrator ácido utilizado (Mehlich 1) tende a superestimar os teores de P disponível. O solo utilizado apresenta um grande teor de areia, portanto este alto teor de P pode estar relacionado a este fator, pois as maiores recuperações de P adicionado se dão em solos com maiores teores de areia (Motta et al., 1992). A maior disponibilidade de P também pode estar relacionada a presença de Si, visto que este elemento desloca o P dos sítios de adsorção (ou ocupa-os

preferencialmente) na argila e nos sesquióxidos (Grassi Filho, 2003). Os dados obtidos estão de acordo com os obtidos por Kudla et al., (1996) e Escosteguy & Klamt, (1998).



**Figura 1.3.** Teores de P trocável no solo.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção –São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.

Motta et al. (1992) avaliando o efeito da aplicação de doses de basalto variando de 0 a 50 ton/ha sobre algumas características químicas de um LE e Latossolo Roxo observaram uma grande deficiência de P quanto ao aspecto visual em todos os tratamentos com pó de basalto com cultivo de milho, principalmente no LE, indicando que o aumento na extração do P esteja relacionado com o método de extração. Os autores obtiveram grandes aumentos no P extraído pelo método ácido Mehlich 1, principalmente no LE, com baixo teor de argila. Neste mesmo trabalho não observaram alterações no valor disponível de K, mesmo com a aplicação de 50 ton/ha. O Ca e Mg tiveram comportamento semelhante ao K, com baixa liberação.

Mais de 80% do P aplicado para atender a demanda das culturas torna-se indisponível à planta, devido a sua adsorção às partículas do solo, precipitação ou transformação em P orgânico (Marenco & Lopes, 2005).

Os valores da Ca e Mg no solo aumentaram, sendo que o Ca, que era considerado baixo passou a ser médio em alguns tratamentos e alto em outros (Tabela 1.10). Já o Mg ainda continuou baixo (SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004) e não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos para ambos os nutrientes.

**Tabela 1.10.** Teores de Ca, Mg, e Na no solo.

Tratamento	Ca	Mg	Na
	-----cmole/dm <sup>3</sup> -----		---mg/dm <sup>3</sup> ---
Testemunha	4.30 a	0.49 a	5.12 b
NPK	4.17 a	0.39 a	7.50 ab
Esterco	4.44 a	0.53 a	10.12 ab
BBT 2.5	3.64 a	0.44 a	11.75 ab
BBT 5.0	4.39 a	0.42 a	5.50 b
BBT 10	3.55 a	0.51 a	7.50 ab
BBT 2.5 + E	3.82 a	0.48 a	7.00 b
BBT 5.0 + E	4.66 a	0.51 a	9.12 ab
BBT 10 + E	3.52 a	0.45 a	8.00 ab
BPA 2.5	3.85 a	0.39 a	5.87 b
BPA 5.0	4.12 a	0.51 a	4.87 b
BPA 10	4.38 a	0.54 a	5.50 b
BPA 2.5 + E	4.52 a	0.48 a	15.75 a
BPA 5.0 + E	4.08 a	0.52 a	6.37 b
BPA 10 + E	3.94 a	0.54 a	8.37 b
<sup>1</sup> CV %	10.05	7.09	24.75

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

<sup>1</sup> Coeficiente de variação obtido com médias transformadas ( $\sqrt{y + 3/8}$ ).

Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção –São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.

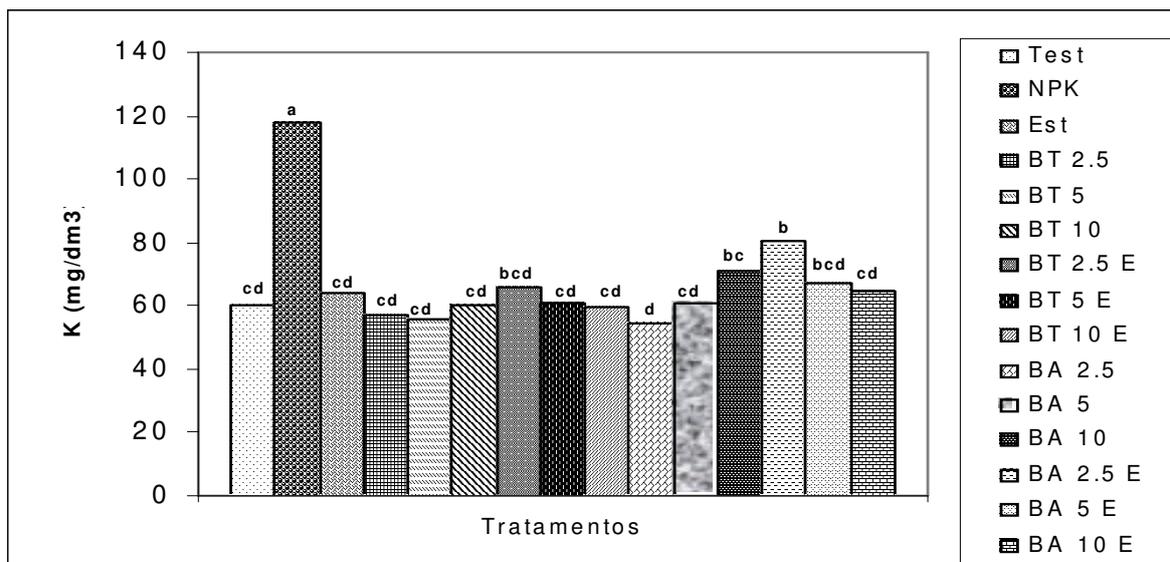
Este aumento poderia ser devido à adição de basalto, visto que este material apresenta em torno de 6% de MgO e 10% de CaO (Gergely et al., 2000), mas como também houve aumento destes nutrientes nos tratamentos que não receberam basalto, constata-se que o aumento foi devido a aplicação do calcário, e também devido ao pequeno período de reação do produto para liberação dos elementos. Segundo Malavolta (1989) é importante que haja um bom suprimento de Mg, pois na planta entre outras funções, esse elemento faz parte da formação da clorofila. Já a maior parte das funções realizadas pelo cálcio está associada à

manutenção da estabilidade da membrana e à estabilização da parede celular (Marenco & Lopes, 2005).

O elemento Na apresentou grande variação entre os tratamentos, porém sem um comportamento evidente (Tabela 1.10). Os maiores valores foram encontrados no tratamento BPA 2.5 + E seguido do BBT 2.5. Segundo Malavolta (1989), as funções do Na dentro das plantas ainda não são bem conhecidas.

O K que era considerado médio ( $58.5 \text{ mg/dm}^3$ ) para a CTC do solo ( $6.19 \text{ cmolc/dm}^3$ ) ainda continuou médio em alguns tratamentos como a testemunha e passou a ser considerado alto em outros como o NPK e BA 10 (Figura 1.4). O maior teor de K foi observado no tratamento NPK, devido a aplicação do elemento na forma de KCl, solúvel, em outros tratamentos houve pequeno aumento evidenciando que houve pouca liberação deste elemento oriundo do granito aplicado, de forma a afetar a quantidade na forma trocável. Tanto para o P como para o K a maior diferença esperada era para o tratamento NPK, visto que os demais receberam a mesma dose de apatita e de granito. Alguns tratamentos de basalto associados ao esterco apresentaram médias absolutas maiores que a testemunha, mostrando que este material pode ter influenciado na liberação do nutriente.

Escosteguy & Klamt. (1998) trabalhando com um basalto microcristalino e uma olivina basalto em doses variando de 0 a 100 ton/ha incubados em Latossolo vermelho escuro e em um Podzólico vermelho-amarelo por um período de até 300 dias observou aumento nas concentrações de K e Ca no solo com o acréscimo das doses aplicadas de basalto moído, independente do tipo de solo e de rocha utilizados, sendo que o efeito das doses de basalto moído sobre a concentração de K foi maior com o aumento do período de incubação, para o Ca não se verificou interação destes dois fatores.



**Figura 1.4.** Teores de K trocável no solo.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção –São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.

## 1.7.5 Análise foliar

### 1.7.5.1 Macronutrientes

Todos os macronutrientes avaliados se encontram dentro da faixa de suficiência no tecido foliar para a cultura do feijão (SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004). Para os elementos K, P e Mg os valores estão acima desta faixa (Tabela 1.11). Com exceção do N e P os demais elementos não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos.

A faixa de suficiência para o Ca está entre 1.0 a 2.5%, portanto três tratamentos apresentaram valores inferiores a esta faixa: BPA 10, BBT 2.5 + E e BBT 5.0. O Ca é um elemento importante no desenvolvimento e no funcionamento das raízes (Malavolta & Haag, 1974).

O Mg mesmo estando com um teor baixo no solo (Tabela 1.10) a planta conseguiu absorvê-lo em quantidades suficientes para sua nutrição.

Para o K os valores encontrados estão bem acima da faixa de suficiência para a cultura que é de 2.0 – 2.5% e em todos os tratamentos os valores estão acima de 3.7%. No tratamento NPK o K avaliado no solo apresentou o maior valor (117.62 mg/dm<sup>3</sup>), diferindo dos demais, porém isto não resultou em maior absorção pela planta neste tratamento. Pode ocorrer o consumo de luxo, o que significa aumento no teor de K nos tecidos que não é acompanhado por aumento no crescimento ou na produção (Malavolta & Haag, 1974). Este elemento é absorvido pelas plantas na forma de K<sup>+</sup>, sendo usualmente o cátion mais abundante nas células vegetais (Malavolta & Haag, 1974).

Considerando que o ano de condução do experimento foi de seca poderia se esperar a ocorrência de uma redução na absorção do K, pois é comum esta observação em condições de campo, em anos secos, porém isto não ocorreu. O efeito do teor na água do solo, na disponibilidade de K pode ser explicado por 2 mecanismos: difusão e relação de cátions. A redução do teor de água no solo afeta sobremaneira a difusão do elemento e, assim, dificulta a absorção (Van Raij, 1991).

O nitrogênio apresentou o maior valor no tratamento BBT 10 + E, seguido do BPA 5.0 + E e o menor valor no tratamento BBT 5.0 + E.

Em relação ao P na planta, apenas o tratamento NPK diferiu estatisticamente do BPA 10 + E. 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 (Van 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 (Van Raij, 1991).

**Tabela 1.11.** Valores de macronutrientes em tecido de plantas de feijão.

Tratamento	Ca	Mg	N	P	K
-----%-----					
Testemunha	1.03 a	0.59 a	3.39 abc	0.37 ab	4.04 a
NPK	1.08 a	0.49 a	3.10 bc	0.42 a	3.85 a
Esterco	1.03 a	0.63 a	3.79 ab	0.33 ab	3.88 a
BBT 2.5	1.33 a	0.76 a	3.58 abc	0.36 ab	3.99 a
BBT 5.0	0.98 a	0.63 a	3.86 ab	0.33 ab	3.85 a
BBT 10	1.06 a	0.66 a	3.84 ab	0.34 ab	3.87 a
BBT2.5 + E	0.90 a	0.65 a	3.40 abc	0.36 ab	4.09 a
BBT5.0 + E	1.28 a	0.70 a	2.97 c	0.33 ab	3.73 a
BBT10 + E	1.31 a	0.59 a	4.18 a	0.39 ab	4.11 a
BPA 2.5	1.30 a	0.64 a	3.51 abc	0.34 ab	4.04 a
BPA 5.0	1.34 a	0.66 a	3.81 ab	0.37 ab	3.84 a
BPA 10	0.79 a	0.72 a	3.50 abc	0.35 ab	4.35 a
BPA2.5 + E	1.00 a	0.70 a	4.07 a	0.38 ab	3.96 a
BPA5.0 + E	1.26 a	0.63 a	4.13 a	0.38 ab	4.33 a
BPA 10 + E	1.11 a	0.78 a	4.07 a	0.29 b	3.75 a
<sup>1</sup> CV %	15.95	10.70	6.11	4.39	5.98

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

<sup>1</sup> Coeficiente de variação obtido com médias transformadas ( $\sqrt{y + 3/8}$ ).

Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção –São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.

### 1.7.5.2 Micronutrientes

Todos os micronutrientes avaliados também se encontram dentro da faixa de suficiência para a cultura do feijão (Tabela 1.12) (SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004). Apenas o Fe se encontra em valor muito superior a faixa de suficiência que é de 40-140 ppm e todos os tratamentos apresentam valores superiores a 300 ppm. Tanto a absorção quanto o transporte deste elemento em plantas são fortemente afetados por fatores da planta e ambientais, tais como pH, concentração de Ca e de P (Dechen et al, 1991 b). A atividade de  $Fe^{+3}$  em solução decresce com o aumento do pH na proporção de 1000 vezes a cada aumento de uma unidade de pH (Bataglia, 1991).

Os micronutrientes que foram avaliados têm sua disponibilidade afetada principalmente devido ao pH, sendo que tendem a diminuir com o aumento deste. Como o pH do solo estava em um valor intermediário acredita-se que este tenha favorecido a disponibilidade destes nutrientes para a planta, o que resultou a absorção em teores que permaneceram dentro da faixa de suficiência.

Para o cobre o tratamento esterco apresentou o maior valor (17.33 ppm) diferindo estatisticamente dos demais que variaram na faixa de 10.25 a 13 ppm. O maior teor de cobre no tratamento esterco se deve também ao maior teor de matéria orgânica neste tratamento, pois este elemento está associado à matéria orgânica, e esta ao se decompor vai liberar cobre ao meio (Ferreira & Cruz, 1991).

No zinco não ocorreram diferenças entre os tratamentos, sendo que alguns apresentaram teores acima da faixa de suficiência que é de 18-50 ppm. O tratamento BBT 5.0 + E apresentou maior média absoluta. A participação do Zn nos processos metabólicos das plantas é como componente de várias enzimas (Dechen et al., 1991 **a**). A interação entre Zn e P tem sido bastante estudada e é muito conhecido o fato de que altos teores de P induzem deficiência de Zn (Dechen et al, 1991 **a**).

Para o Mn houve grande variação entre os tratamentos, porém sem um comportamento evidente. O maior teor foi observado no tratamento NPK, seguido do esterco e o menor valor foi observado no tratamento BPA 2.5. A disponibilidade do Mn tende a diminuir com o aumento do pH, o que é um reflexo do mesmo na solubilidade dos óxidos, da redução da quantidade do cátion adsorvido às superfícies, no aumento das formas precipitadas e da alta estabilidade dos complexos com a matéria orgânica em valores de pH mais elevados (reação neutra e alcalina) (Borkert, 1991).

**Tabela 1.12.** Valores de micronutrientes em tecido de plantas de feijão.

<b>Tratamento</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fé</b>
	-----ppm-----			
Testemunha	11.0 b	53 a	61 bc	349 b
NPK	12.0 b	52 a	95 a	404 ab
Esterco	17.3 a	48 a	78 ab	375 ab
BBT 2.5	11.7 b	50 a	56 bc	597 a
BBT 5.0	13.0 b	51 a	71 abc	402 ab
BBT 10	13.0 b	46 a	61 bc	330 b
BBT2.5 + E	12.0 b	51 a	67 bc	406 ab
BBT5.0 + E	12.5 b	54 a	58 bc	431 ab
BBT10 + E	10.7 b	44 a	65 bc	463 ab
BPA 2.5	10.7 b	49 a	55 c	468 ab
BPA 5.0	10.2 b	49 a	62 bc	315 b
BPA 10	11.7 b	53 a	69 bc	490ab
BPA2.5 + E	13.2 b	53 a	66 bc	502 ab
BPA5.0 + E	11.0 b	52 a	63 bc	347 b
BPA 10 + E	12.0 b	47 a	71 abc	369 b
<sup>1</sup> CV %	8.9	8.9	10.7	16.2

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

<sup>1</sup> Coeficiente de variação obtido com médias transformadas ( $\sqrt{y + 3/8}$ ).

Testemunha - pH 5.2, granito, apatita.

Esterco - Esterco bovino, dose 2369 kg/ha.

NPK - adubação convencional, conforme recomendação ROLAS

BBT - Basalto Pedreira 10º Batalhão de Engenharia e Construção –São José do Cerrito.

BPA - Basalto Ponte Alta.

## 1.8 CONCLUSÕES

1. Não foi evidenciado efeito positivo do pó de basalto sobre a produção de grãos de feijão.
2. Os parâmetros químicos relacionados a acidez do solo (pH, Al) foram modificados pela aplicação do calcário.
3. A aplicação de esterco bovino não aumentou a disponibilização de nutrientes da rocha.
4. A aplicação de esterco não alterou os teores de matéria orgânica do solo.
5. Os teores de Ca e Mg foram alterados pela aplicação do calcário.
6. A alta liberação de P pode estar relacionada com o método de extração utilizado na determinação do elemento.
7. O tratamento BPA 10 + Esterco reduziu significativamente a intensidade da ferrugem do feijoeiro.
8. Todos os tratamentos proporcionaram boa nutrição para a cultura, tanto em macro quanto em micronutrientes.

Apesar de neste primeiro cultivo não ter ocorrido diferenças entre os tratamentos na grande maioria dos parâmetros avaliados acredita-se que no decorrer de alguns ciclos de cultivo ocorra a dissolução dos minerais contidos nos materiais aplicados, e assim estes tratamentos se sobressaiam sobre a testemunha e a adubação convencional com NPK.

## 1.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADATIA, M. H. & BESFORD, R. T. **The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution.** Annual Botany. v. 58, p. 343-351, 1986.
- ALMEIDA, J. A. et al. **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).
- 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.
- AMPARO, A. **Farinha de rocha e biomassa.** Revista Agroecologia Hoje, Botucatu, nº 20, p. 10-12. Ago/set 2003.
- ANDRADE, C. A. de B. et al. **Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações.** Ciência. Agrotéc. Lavras. v. 28, nº 5, p. 1077-1086. Set-out 2004.
- ATLAS de Santa Catarina.** Florianópolis, Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. 176p. 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS.** Disponível em: <[www.abrasem.com.br](http://www.abrasem.com.br)>. Acesso em: 10 jan 2006.
- BARRETO, S. B. **A farinha de rochas MB-4 e o solo.** Disponível em: <[www.mibasa.com.br](http://www.mibasa.com.br)>. 1998. Acesso em 20 nov 2004.
- BATAGLIA, O. C. **Ferro.** In: Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 734 p. 1991.
- BERGAMIN FILHO, A. **Capítulo 13. Análise matemática de doenças.** In: Manual de Fitopatologia. Volume I - Princípios e Conceitos. 2º ed. São Paulo. Editora Agronômica Ceres Ltda. 1978.
- BORGES FILHO, A. C. S; FADIGAS, F. S. et al. **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)

BORKERT, C. M. **Manganês**. In: Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 734 p.1991.

CAMARGO, O. A. da. **Reações e interações de micronutrientes no solo**. In: Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 734 p.1991.

CAMPBELL, C. L. & MADDEN, L. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990.

CONAB. **Companhia nacional de Abastecimento**. 2005. Disponível em: <[www.conab.gov.br/download/safra/boletim07.pdf](http://www.conab.gov.br/download/safra/boletim07.pdf)>. Acesso em 20 out 2005.

COONATURA. **Adubos químicos: por que não usá-los**. Disponível em: <[www.geocities.com/RainForest/5894/coonaturap3\\_3.html](http://www.geocities.com/RainForest/5894/coonaturap3_3.html)> Acesso em: 25 nov 2005.

COSTA, R. S. **Fruticultura orgânica**. Disponível em: <[www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp)>. 2005. Acesso em: 4 mai 2006.

D' ANDRÉA, P. **A rochagem na agricultura de processos**. Revista Agroecologia Hoje, Botucatu, nº 20, p.22-23. Ago/set, 2003.

DECHEN, A. R. et al. **Funções dos micronutrientes nas plantas**. In: Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 734 p.1991. **a**.

DECHEN, A. R. et al. **Mecanismos de absorção e translocação de micronutrientes**. In: Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 734 p.1991. **b**.

EHLERS, E. **Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. Ed. Agropecuária, 157 p. 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Serviço de produção e informação da Embrapa, 412 p.1999.

ERNANI, P. R. & GIANELLO, C. **Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, p.161-165. 1983.

ERNANI, P. R. & ALMEIDA, J. A. **Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do estado de Santa Catarina**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 10, p.143-150. 1986.

ERNANI, P. R. et al. **Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p. 537-544. 2000.

ERNANI, P. R. et al. **Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, em casa de vegetação**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, Nº 4, p.897-904. 2001.

ESCOSTEGUY, P.A. **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. 1985.

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

FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. da. **Cobre.** In: Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 734 p.1991.

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

GERGELY, A. J. et al. **Capítulo 16. Rochas Igneas.** In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. de et al. Decifrando a Terra. São Paulo, Oficina de Textos. 557 p. 2000.

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

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

HOLANDA, J. S. et al. **Alterações na fertilidade de dois solos adubados com esterco de curral e cultivados com caupi.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 8: 301-304. 1984.

HORBACH, R. et al. **Capítulo 1. Geologia.** In: IBGE (1986) Levantamento de Recursos Naturais. V. 33. 1986.

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

KNAPIK, B. et al. **Utilização de pó de basalto como substituto a adubação química no plantio de soja.** III Congresso Brasileiro e III Seminário Estadual de Agroecologia, Outubro 2005. Florianópolis. Resumos. Florianópolis Epagri/UFSC, 2005. CD-Rom.

KNAPIK, J. G. **Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus sellowii* Koehne.** Curitiba, UFPR, 163 p. 2005. (Dissertação de Mestrado).

KORNDÖRFER, G. H. & DATNOFF, L. E. **Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz.** Informações Agronômicas. Piracicaba. 70:1-5. Jun/1995.

KUDLA, A. P. et al. **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

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

LUCHESE, E. B. et al. **Fundamentos de química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 182 p. 2001.

MACHADO, C. T. T. et al. **Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de K para culturas anuais: II. Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2005, Recife. Resumos – Recife, SBCS/UFRPE, 2005. CD-Rom.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 292 p. 1989.

MALAVOLTA, E. & HAAG, H. P. et al. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo, Pioneira, 742 p. 1974.

MALAVOLTA, E.; BOARETTO, E. A.; PAULINO, V. T. **Micronutrientes - Uma visão geral**. In: Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 734 p. 1991.

MARENCO, R. A. & LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, UFV. 741 p. 2005.

MIEDEMA, M. S.P. **Geoquímica das rochas**. Revista Agroecologia Hoje, Botucatu, nº 20, p. 07-09. Ago/set 2003.

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.

**O USO de fertilizantes minerais e o meio ambiente**. São Paulo: ANDA, [2000]. Disponível em: <[www.anda.org.br/portug/boletins/fertilizantes\\_meio\\_ambiente.pdf](http://www.anda.org.br/portug/boletins/fertilizantes_meio_ambiente.pdf)>. Acesso em: 20 mai 2006.

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

PONTES, A. S. C. et al. **Emprego do pó de rocha MB-4 sobre a produção de coentro**. III Congresso Brasileiro e III Seminário Estadual de Agroecologia, Outubro 2005. Florianópolis. Resumos. Florianópolis Epagri/UFSC, 2005. CD-Rom.

RESENDE, A. V. et al. **Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de K para culturas anuais: I. Respostas da soja e do milheto**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2005, Recife. Resumos - Recife, SBCS/UFRPE, 2005. CD-Rom.

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

SANTOS, A. M. **Alguns dados geoquímicos sobre solos do Brasil: uso potencial do pó de pedreira como fonte de nutrientes críticos em solos altamente lixiviados**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Ouro Preto, SBG. Boletim de resumos, p.160-161. 1976.

SANTOS, G.R. et al. **Adubação com Silício: Influência sobre as principais doenças e sobre a produtividade do arroz irrigado por inundação.** Revista Ceres, Viçosa – UFV, V. 50, nº 287, p.1-8, 2003.

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

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

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre, Depto de Solos da Fac. de Agronomia, UFRGS.(Boletim técnico, 5). 1985.

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 RAIJ, B. **Fertilidade do Solo Adubação.** Ed. Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 343 p. 1991.

VIEIRA, C. **Adubação Mineral e Calagem.** In: VIEIRA, C.; PAULO JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. Feijão: aspectos gerais e cultivo no estado de Minas Gerais. Viçosa, UFV, pg 123-152. 1998.

## II CAPÍTULO. UTILIZAÇÃO DE BASALTO COM ZEÓLITAS PARA CONTROLE DE AMÔNIA EM CAMA DE AVES

### 2.1 RESUMO

A produção de aves é uma atividade que movimentada a economia do estado de Santa Catarina, e um dos grandes problemas enfrentados pelos criadores é a alta concentração de amônia no ar ambiente dos galpões, resultante da decomposição microbiana dos dejetos e que pode causar vários distúrbios nas aves. Para minimizar este problema está sendo estudada a utilização de minerais do grupo das zeólitas e de basalto com zeólitas, que podem absorver a umidade e adsorver amônio, melhorando a qualidade da cama, e propiciando um maior conforto às aves. O trabalho objetivou estudar o efeito de zeólitas na redução de odores na cama de aves, ocasionados pelo excesso de amônia. O experimento foi desenvolvido no aviário Moraes, localizado em Ponte Alta, SC, com aves de postura, em um galpão com 100 m de comprimento, 12 m de largura e 2.30 m de altura, com piso de concreto e cama composta de maravalha. Utilizou-se parte do galpão (50 m), que foi dividido em 3 parcelas com aproximadamente 199.92 m<sup>2</sup>. Foram utilizados dois materiais, uma zeólita pura e um basalto com 20% de zeólita. Os tratamentos constaram de testemunha (somente maravalha), basalto com 20% de zeólita (9.08 kg/m<sup>2</sup>) e zeólita pura (3.16 kg/m<sup>2</sup>). Os materiais foram misturados com a maravalha antes do recebimento do lote, que teve entrada no galpão no dia 02/07/2005 permanecendo ali por 5 meses. Realizou-se 5 coletas de cama, uma a cada mês. Foram coletadas 10 amostras de cada tratamento evitando-se coletar ao redor dos comedouros e bebedouros. Realizou-se a caracterização do basalto com zeólitas, determinou-se o teor de umidade, o teor de amônia na cama de aves e o teor de amônia no ar ambiente. O basalto com zeólitas é constituído de minerais do grupo dos plagioclásios e piroxênios e zeólitas do grupo das heulanditas, clinoptilolitas e laumontitas. O maior teor de umidade foi observado na testemunha, sendo que aumentou até a 3<sup>o</sup> coleta e reduziu após esta. O pH da cama apresentava-se extremamente favorável à volatilização de amônia. Os teores de amônia encontrados foram muito baixos, sendo que foi maior no tratamento basalto com zeólita, porém sem diferenças estatísticas com a testemunha. O teor de amônia no ar ambiente foi maior no tratamento basalto com zeólita devido a maior distância deste tratamento da entrada de ar. A adição dos materiais reduziu o teor de umidade da cama de aves. Acredita-se que o método de determinação de amônia utilizado não tenha funcionado pelos baixos valores encontrados.

**Palavras-chave:** Zeólita, amônia, aves.

## CHAPTER II. UTILIZATION OF BASALT WITH ZEOLITE FOR THE AMMONIA CONTROL IN POULTRY LITTER

### ABSTRACT

The poultry production is an important activity in Santa Catarina state, and one of the great problems of the farmers is the high concentration of ammonia found in the air ambient of poultry houses, resultant of the microbial decomposition of the dejections, that may cause several disturbances in the poultries. Commercial zeolite and basalt with zeolite were applied to poultry litter, intended to minimize these problems. These materials can absorb the moisture and adsorb ammonia, improving the quality of litter, providing a better comfort to the birds. The experiment was conducted in the Aviário Moraes, localized in Ponte Alta, SC, with birds of posture, in a poultry house with 100 m of length, 12 m of width and 2.30 m of height, with concrete floor and litter composed of maravalha. Was utilized part of the poultry house (50 m), that was divided in 3 portions with approximately 199.92 m<sup>2</sup>. It was utilized two materials, a pure zeolite and a basalt with 20% of zeolite. The treatments consisted of control (only maravalha), basalt with 20% of zeolite (9.08 kg/m<sup>2</sup>) and pure zeolite (3.16 kg/m<sup>2</sup>). The materials were mixed with the maravalha before the greening of the lot, that has entered in the poultry house on the day 02/07/2005, staying there for 5 months. Samples of the litter were collected at every month, by five months, with ten samples by treatment, avoided collect around eat boxes and water reservoir places. The chemical and mineralogical properties of basalt with zeolite was analyzed. Moisture content, ammonia content in the poultry litter and ammonia content in the air ambient were monitored. Basalt with zeolite is constituted by plagioclase and piroxene mineral groups and zeolites are of the group of the heulandites, clinoptilolite and laumontites. The largest moisture content was observed in the control, was higher in the third month, and reduced after then. The pH of litter presented extremely advantageous volatilization of ammonia. The ammonia content found in the litter was very low, and it was larger in the treatment basalt with zeolite, however without statistical differences with the control. The ammonia content in the ambient air was larger in the treatment basalt with zeolite due to the large distance of this treatment of the entrance of air. The addition of the materials reduced the moisture of poultry litter. It is believed that the method of determination of ammonia utilized was inappropriate, due to the low values found.

**Key-words:** Zeolite, ammonia, birds.

## 2.2 INTRODUÇÃO

A produção de aves é uma atividade que movimenta a economia de algumas regiões do país, inclusive Oeste e Meio-Oeste de Santa Catarina. Esta atividade tem apresentado constante evolução nos últimos anos, e isso se deve aos avanços nas áreas da genética, sanidade e nutrição, visando à melhoria dos índices de desempenho zootécnico. Porém um grave problema que ainda é encontrado pelos criadores de aves é a grande quantidade de amônia ( $\text{NH}_3$ ) no ar ambiente dos galpões. Este gás além de provocar distúrbios e estresse nas aves, deixa o ambiente de trabalho com um forte odor desagradável para os funcionários.

A amônia é um gás incolor e irritante, gerado a partir da decomposição microbiana dos dejetos, que causa significativas perdas para os criadores e integradores de aves. Alguns criadores desconhecem as perdas ocasionadas pela concentração de amônia em seus galpões. A intensa formação de amônia nos aviários é favorecida por três condições: dejetos, calor e umidade, assim poderá haver acúmulo no ambiente das aves em condições de baixa ventilação. Esse gás atua principalmente como irritante para as mucosas do trato respiratório superior e olhos. Por ser altamente solúvel, pode ser facilmente absorvido pelas vias aéreas e conjuntiva. A severidade das lesões provocadas depende da concentração do gás no ar e do grau de exposição. Níveis de 25 ppm podem ser detectados pelo homem através do odor característico, concentrações de amônia acima de 40 ppm já afetam o sistema de defesa das aves. Níveis de amônia de até 50 ppm não são considerados como nocivos para os criadores.

Pesquisas realizadas nos últimos 20 anos têm mostrado consistentemente que níveis de amônia em torno de 50 ppm causam sérias perdas no desempenho das aves, podendo trazer prejuízos ao produtor.

Para atuar de forma efetiva no controle dos níveis de amônia e evitar que esta seja perdida por volatilização é necessário o tratamento da cama de aviário e a utilização de sistemas de ventilação adequados, assim posteriormente a cama poderá ser aproveitada como adubo orgânico, rico em nutrientes, principalmente nitrogênio.

Portanto busca-se um produto que atue como condicionador químico, melhorando a qualidade da cama, e propiciando maior conforto às aves. Este produto deve absorver a umidade excessiva da cama, evitando assim, a produção de amônia, também atuando como desodorizador de ambiente, reduzindo o mau cheiro.

Uma alternativa que está sendo estudada é a utilização de basalto com zeólitas, e a zeólita pura, pois esta pode adsorver a umidade e também o amônio, tornando-se um fertilizante natural, altamente enriquecido e de lenta liberação de nutrientes. A grande variedade de aplicações tecnológicas tem sido responsável pelo crescente interesse nas zeólitas em diversos setores, destacando-se a indústria do petróleo, agricultura, tratamento de solos contaminados, remoção de metais pesados, remoção de nitratos em áreas de criação de animais confinados evitando a contaminação de lençóis freáticos, nutrição animal, tratamentos de esgotos municipais e adsorção de vapores de Hg em capelas de casas compradoras de ouro.

As zeólitas são aluminossilicatos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos terrosos (principalmente sódio, potássio, cálcio e magnésio) estruturados em redes tridimensionais de tetraedros de  $AlO_4$  e  $SiO_4$  unidos nos vértices por átomos de oxigênio. Este minério apresenta alta CTC e alta capacidade adsortiva, podendo adsorver compostos. Existem cerca de 40 espécies de zeólitas naturais conhecidas, no entanto, apenas algumas espécies são amplamente

utilizadas. Dentre essas se incluem: mordenita, clinoptilolita, heulandita, phillipsita, erionita e chabazita.

Em áreas onde se pratica a criação de animais confinados as zeólitas têm sido utilizadas para controlar o odor resultante da exalação de amônia e gás sulfídrico, já na nutrição animal este material tem-se mostrado eficaz no ganho de peso e controle de doenças intestinais.

Além das zeólitas naturais também se tem produção de zeólitas sintéticas, mas por razões econômicas predomina o uso das naturais. No Brasil a produção de zeólitas sintéticas se restringe a da Petrobrás, para uso no craqueamento catalítico do petróleo. Os dados sobre reservas naturais de zeólitas são pouco conhecidos, mas sabe-se que as maiores ocorrências naturais de zeólitas ocorrem em países como Cuba, Japão e Ex-União Soviética. No Brasil não se tem notícias sobre depósitos de zeólitas em exploração comercial, apenas estudos sobre ocorrências que não apresentaram possibilidades de aproveitamento econômico. Na região do planalto catarinense há ocorrência de um basalto com incrustações de zeólitas, portanto como este é um material abundante na região e fica próximo às regiões produtoras de aves pode se tornar um produto viável, se comprovada sua eficiência.

### **2.3 HIPÓTESES**

A adição de zeólita pura ou em mistura com o basalto na cama de aves deverá ocasionar:

- 1) Redução dos níveis de amônia liberada pela cama de aves através da adsorção do amônio pela zeólita.
- 2) Redução dos odores ruins indesejáveis exalados da cama de aves através da redução dos níveis de amônia.

### **2.4 OBJETIVOS**

Avaliar o efeito da aplicação de uma dose de zeólita pura e basalto com zeólita na redução de odores ruins indesejáveis de camas de aves ocasionado pelo excesso de amônia.

Comparar a o efeito da aplicação de zeólita pura e basalto com zeólitas em cama de aves na redução do odor.

## 2.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um grave problema encontrado pelos criadores de aves é a grande quantidade de amônia ( $\text{NH}_3$ ) no ar ambiente dos galpões. A amônia é um gás altamente irritante para as aves, originado da desaminação bacteriana ou da redução de substâncias nitrogenadas, que se acumulam na cama de frangos (Hernandes & Cazetta, 2001), e da decomposição microbiana do ácido úrico eliminado pelas aves (Oliveira et al, 2004). Esta substância pode trazer vários problemas para o desempenho das aves, inclusive perdas de peso. Segundo Oliveira et al. (2003) as perdas podem chegar à ordem de 250 gramas por ave durante o período de criação. Mas a presença de amônia nos galpões provoca outros problemas além da redução de peso. Quando a quantidade de amônia inalada é superior a 60 ppm, a ave fica predisposta a doenças respiratórias, aumentando os riscos de infecções secundárias às vacinações. Acompanhamentos feitos em granjas cujo nível de amônia permaneceu em torno de 125 ppm, resultaram em uma condenação de 500 aves por lote (Oliveira et al., 2003). As aves não possuem sistema respiratório com diafragma como nos mamíferos, portanto, para expelir corpos estranhos inalados, as aves possuem em suas vias respiratórias pequenos cílios que ajudam a expulsá-los. Quando os níveis de amônia atingem 25 ppm uma parte destes cílios são paralisados, não promovendo a retirada do material da traquéia (Oliveira et al., 2003), com 50 ppm a amônia já é capaz de destruir alguns cílios.

Na criação de aves, a cama deve ter a função de absorção da umidade, diluição de uratos e fezes, isolamento térmico, além de proporcionar conforto às aves através de uma superfície macia, evitando a formação de calo no peito. Esta pode constituir-se de diversos materiais,

devendo ser manejada adequadamente para controlar o nível de umidade, a produção de pó e amônia, exposição a agentes transmissores de doenças e prevenir a proliferação de insetos (Hernandes et al., 2002). A maravalha é um material proveniente do beneficiamento da madeira, apresentando partículas de tamanho aproximado de 3 cm, com bom poder de absorção, sendo o material mais utilizado na avicultura (Neme et al., 2000). A cama de aves depois de utilizada se torna um fertilizante orgânico muito rico em nutrientes que pode ser aproveitado na agricultura, porém grande parte do nitrogênio é perdido por volatilização na forma  $\text{NH}_3$ .

Devido à ação de microorganismos decompositores de compostos nitrogenados, ocorre a fermentação da cama com conseqüente perda de nitrogênio por volatilização da amônia ( $\text{NH}_3$ ), aumentando sua concentração no ambiente, que é prejudicial às aves, e diminuindo o valor nutritivo desta fonte de proteína (Neme et al., 2000).

Um dos fatores que mais interferem na produção de amônia é a umidade (Oliveira et al., 2003), sendo o controle da ventilação importante para manter a umidade e a amônia abaixo dos limites críticos.

Sob condições de umidade excessiva a cama pode produzir amônia a partir do metabolismo microbiano sobre os resíduos fecais. Ao desprender-se pode propiciar o aparecimento de lesões respiratórias e oculares de importância econômica (Oliveira et al., 2004). Este problema se agrava nos meses mais frios, quando os galpões permanecem na maior parte do tempo fechados. O pH da cama também tem influência direta sobre os níveis de amônia no ar, sendo que a liberação é menor quando o pH da cama está abaixo de 7.0, mas é substancial quando está acima de 8.0 (Neme et al., 2000).

Para melhorar as qualidades físicas, químicas e microbiológicas da cama de aviário, tentando reduzir ou inibir a volatilização de amônia já foram testados alguns produtos para atuarem como condicionadores. O uso de condicionadores químicos na cama de frango, que

através de reações químicas aumentam a fixação do nitrogênio (Neme et al., 2000), é uma solução rápida e econômica para reduzir a volatilização da amônia e amenizar alguns problemas como o aumento na incidência de doenças respiratórias nas aves e no ser humano, a desclassificação de carcaça devido a lesões na pele e também a redução do teor de nitrogênio na cama, o que diminui seu valor como fertilizante (Oliveira et al., 2003). Condicionadores químicos são substâncias que adicionadas à cama melhoram sua qualidade física, química e microbiológica, propiciando maior conforto às aves, favorecendo seu desempenho zootécnico (Oliveira et al., 2004). Entre estes aditivos cita-se o gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4$ ), sulfato de alumínio, superfosfato simples e a cal hidratada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ).

O sulfato de alumínio é usado com o objetivo de reduzir o pH da cama e, conseqüentemente, a volatilização da amônia. O gesso agrícola, com disponibilidade comercial e custo baixo, representa uma alternativa no manejo do esterco avícola. Segundo Glória et al. (1991), o gesso é capaz de reduzir a volatilização da amônia em até 49.5% em 30 dias. O superfosfato simples apresenta ação inibidora da volatilização da amônia da cama de frango. A redução nas perdas é mais intensa nos primeiros dias após a aplicação do superfosfato e decresce pronunciadamente com o tempo devido à perda da capacidade inibidora (Glória et al., 1991).

Oliveira et al. (2003) estudando diferentes aditivos (cama reutilizada, sulfato de alumínio, gesso agrícola e cal hidratada) aplicados na cama de aves não observou influência destes sobre os resultados de matéria seca, porém a adição de gesso reduziu o valor de pH e a quantidade de amônia volatilizada.

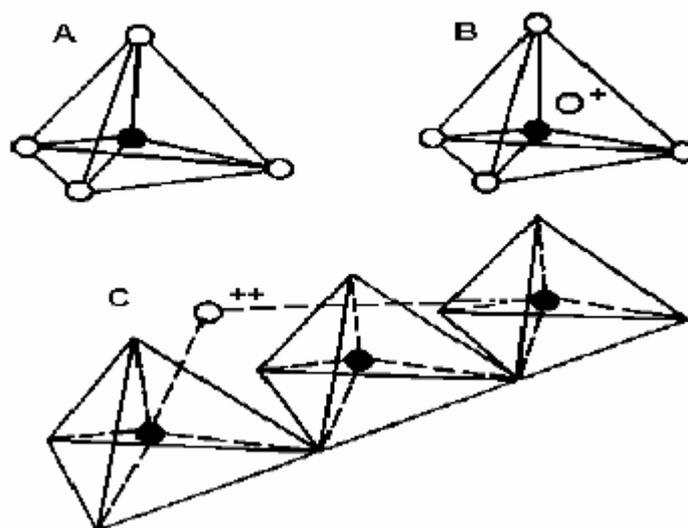
Um outro produto que está sendo testado para este fim é a zeólita natural. As zeólitas englobam um grande número de minerais naturais que apresentam características comuns. Na natureza se têm identificadas mais de 40 espécies diferentes e existem várias espécies de zeólitas sintetizadas artificialmente (Castaing, 1998). Os tipos mais abundantes são a

clinoptilolita e mordenita. Na região do Planalto Catarinense encontra-se um basalto com zeólitas que se caracteriza por apresentar quantidades expressivas de minerais primários do grupo dos plagioclásios e piroxênios, argilominerais do grupo da esmectita e quantidade expressiva de zeólitas, do grupo da clinoptilolita, heulandita e mordenita (análises realizadas nos Laboratórios do Departamento de Solos do CAV/UEDESC).

O nome zeólita vem do grego, “zeo” (ferver) e “lithos” (pedra), porque elas liberam vapor d’ água quando aquecidas suavemente (Oliveira, 2002).

Por definição, zeólitas são tectossilicatos, formados por uma rede tridimensional de tetraedros de  $AlO_4$  e  $SiO_4$  ligados entre si pelos átomos de oxigênio, cada um deles comum a dois tetraedros vizinhos originando assim uma estrutura microporosa (Correia, 2003). As cargas negativas dos tetraedros  $AlO_4$  são compensadas por cátions alcalinos, que podem ser substituídos por outros cátions por troca iônica (Figura 2.1), (Correia, 2003).

A estrutura das zeólitas apresenta canais e cavidades, cujas aberturas variam de uma zeólita para outra. Dentro destes canais e cavidades, encontram-se os cátions de compensação, moléculas de água ou outros adsorvatos. Alguns dos cátions típicos encontrados são metais alcalinos (Na, K, Rb, Cs) e alcalinos terrosos (Mg, Ca),  $NH_4$ ,  $H_3O$ , TMA (tetrametilamônio) e outros cátions nitrogenados, terras raras e metais nobres. Sua estrutura microporosa permite a mobilidade de íons pelos canais e cavidades, propiciando seletividade aos processos de troca iônica (Jimenez et al., 2004).



**Figura 2.1.** Unidades estruturais básicas das zeólitas. Onde:

A- Tetraedro com um átomo de silício (círculo cheio) no centro e átomos de oxigênio nos vértices (círculos vazios).

B- Tetraedro com átomo de alumínio substituindo o silício e ligado a um cátion monovalente para compensar a diferença de carga.

C- Átomo divalente para balancear as cargas entre o Al e o Si numa cadeia múltipla de tetraedro [2].

Os minerais zeolíticos apresentam três propriedades principais que lhes conferem grande interesse para uso na agricultura, que são a alta capacidade de troca de cátions, alta capacidade de retenção de água livre nos canais, e a alta habilidade na captura de íons. A zeólita pode atuar na melhoria da eficiência do uso de nutrientes através do aumento da disponibilidade de P da rocha fosfática, e na melhora do aproveitamento do N ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) e redução das perdas por lixiviação dos cátions trocáveis (especialmente  $\text{K}^+$ ) (Werneck et al., 2005).

A estrutura microporosa confere as zeólitas uma superfície interna muito grande, quando comparada à sua superfície externa, assim permite a transferência de matéria entre os espaços intracristalinos, no entanto, essa transferência é limitada pelo diâmetro dos poros das zeólitas. A estrutura das zeólitas confere às mesmas propriedades de grande importância para os processos industriais, tais como: a) alto grau de hidratação; b) baixa densidade e grande

volume de vazios quando desidratada; c) estabilidade da estrutura cristalina, quando desidratada; d) propriedades de troca catiônica; e) canais uniformes nos cristais desidratados; f) condutividade elétrica; g) adsorção de gases e vapores e h) propriedades catalíticas (Luz, 1995).

A alta eficiência de adsorção das zeólitas está relacionada com a grande superfície interna, devido à sua estrutura cristalina ser caracterizada por cavidades espaçosas. A grande capacidade de troca catiônica das zeólitas deve-se ao desequilíbrio de cargas que atrairão o cátion mais próximo, de maneira a manter a neutralidade. A propriedade de troca catiônica da zeólita é uma função da relação Si e Al. A capacidade é expressa em número de cátions por unidade de massa ou volume, disponível para troca (Luz, 1995).

A zeólita apresenta uma infinidade de aplicações, podendo ser utilizada como adubo de lenta solubilidade, como suplemento de dietas animais, desodorizadores de ambientes, filtros de água e de materiais poluentes (Ming & Mumpton, 1989), substrato para cultivo hidropônico, adsorção de amônia de esterco animais.

Na utilização de zeólitas naturais, fundamentalmente a clinoptilolita tem se confirmado como um material importante no controle ambiental de resíduos industriais, principalmente metais tóxicos (Fuentes & Iznaga, 1998). Íons metálicos tóxicos, tais como de cádmio, chumbo, arsênio e outros, podem ser removidos com o uso de zeólitas (Luz, 1995).

Jimenez et al., (2004) verificaram que a retenção de metais pela zeólita (escolécita) é elevada, principalmente em concentrações de até 100 ppm. No caso do cromo (III), houve remoção total do cátion em concentrações de até 50 mg L<sup>-1</sup>, sendo que a retenção atingiu 96.5% quando o efluente continha 100 mg L<sup>-1</sup> do metal. A retenção de cádmio (II), níquel (II) e manganês (II) também é praticamente total em baixas concentrações e atinge cerca de 75% com 50 mg L<sup>-1</sup> do metal. Metais pesados em excesso podem causar muitas doenças e sérios problemas fisiológicos, já que são acumulativos no corpo humano.

Na aplicação animal, o minério é utilizado na criação de animais domésticos e em todos tipos de criação comercial, atuando com eficácia no controle do excesso de umidade, adsorvendo odores indesejáveis resultantes da exalação de amônia e gás sulfídrico. É utilizado também como aditivo na alimentação animal, demonstrando funcionar como um antiparasita. Das mais de 40 espécies conhecidas na atualidade apenas 10 são utilizadas na alimentação animal (Castaing, 1998).

Pesquisas indicam que o minério reduz a taxa de mortalidade e estresse dos animais e diminui gastos com mão-de-obra e antibióticos, melhora a digestão das aves e a aparência das penas e pelos reduzindo e prevenindo doenças no intestino, amônia das excretas, controlando aflatoxinas na alimentação animal e diminui a diarreia dos animais.

Öztürk et al, (1998) não encontraram nenhum efeito benéfico de zeólita nos parâmetros avaliados quando adicionaram 0, 2, 4, 6 e 8% a dieta das aves. O uso de zeólita diminuiu somente o conteúdo de umidade das fezes, mas não teve efeito positivo ou negativo na produção de ovos, peso corporal, relação de conversão alimentar ou outros critérios de qualidade do ovo. Devido as propriedades de troca de íons, a zeólita altera os gases (odores) emitidos pelos esterco.

Tomasevc-Canovic et al., (2001) utilizando clinoptilolita e montmorilonita na dieta animal demonstraram claramente que estes minerais adsorventes usados diminuiram grandemente a toxicidade da aflatoxinas B1 (AFB1) a uma concentração de 200 g/g de adsorvente. Este valor corresponde a 1 mg/kg de AFB1 na dieta, se o adsorvente for incorporado na dieta a um nível de 0.5%.

A zeólita quando empregada como aditivo na ração animal pode evitar a absorção intestinal de amônia. A amônia é um veneno, uma vez absorvido, deve ser transformado em uréia pelo fígado para posterior eliminação renal através de mecanismos custosos do ponto de vista energético (Ly et al., 1996). Em estudo com zeólita natural Ly et al. (1996) comprovou

a eficiência da adsorção in vitro de amônia. Segundo o autor este método de adsorção in vitro de amônia pode ser uma forma de determinar o efeito benéfico das zeólitas na alimentação de suínos.

Parré et al. (1997) observaram menor excreção urinária de nitrogênio quando utilizaram zeólita na alimentação de ovinos na proporção de 3 % da dieta contendo farelo de algodão e uréia. Pulido & Fehring. (2004) trabalhando com zeólitas na alimentação de vacas leiteiras na proporção de 3 e 5% da matéria seca avaliada em 2 períodos de 30 dias não observou diferenças no consumo de alimento e conversão alimentar, porém o autor observou maior ganho de peso no tratamento com 3% de zeólita a partir dos 30 dias do experimento (2º período).

As zeólitas podem ainda ser utilizadas na fabricação de fertilizantes de lenta liberação de nutrientes. Os nutrientes ficam retidos em sua estrutura e são liberados de acordo com a demanda da planta. Monte (2005) testando a mistura de zeólitas com esmectitas como composto de lenta liberação de nutrientes no cultivo de alface obteve maior produção, melhor estado nutricional e qualidade visual equivalente às alfaces cultivadas com solução nutritiva.

No Brasil ainda não se tem notícias de depósitos naturais de zeólitas, em exploração comercial. Considerando as propriedades das zeólitas e suas inúmeras aplicações, e a presença expressiva de basalto com zeólitas no estado de Santa Catarina, torna-se necessário contar com informações experimentais sobre os possíveis mecanismos de ação da zeólita, buscando a ampliação de estudos que comprovem e reafirmem sua eficiência.

## 2.6 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um aviário do grupo Moraes, no município de Ponte Alta, SC. Utilizou-se um galpão de alvenaria com 100 metros de comprimento, 12 metros de largura, altura aproximada de 2,30 metros e piso de concreto. Este galpão apresenta renovação constante de ar por meio de quatro exaustores instalados em uma das extremidades, os quais são ligados automaticamente quando a temperatura atinge 20° C. A cama utilizada no experimento foi composta de maravalha de madeira que formou uma camada de aproximadamente 10 cm. Para o experimento utilizou-se apenas um dos lados do galpão, portanto 50 metros, localizado na direção oposta ao dos exaustores. Foram utilizados dois materiais, sendo um basalto com zeólitas, proveniente do município de Urupema, SC e uma zeólita pura proveniente de Cuba, importada e distribuída pela empresa Indústrias Celta Brasil Ltda, denominado Zeocel e indicado pela mesma para utilização como leito em criações de animais confinados.

O saprólito de basalto com zeólitas passou anteriormente por algumas análises: análise química total e difratometria de Raios X (DRX). Este material é uma rocha eruptiva básica, do tipo basalto, que se caracteriza pela presença bastante disseminada de pequenas amígdalas (ou geodos) preenchidos por cristais inalterados ou pouco alterados de minerais do grupo das zeólitas. A zeólita pura não sofreu nenhum tipo de análise.

O basalto com zeólitas foi previamente moído em moinho de martelo e passado em peneira de 2 mm de abertura. A zeólita pura foi utilizada na granulometria enviada pela empresa. A composição granulométrica dos dois materiais é apresentada no quadro 2.1.

Os tratamentos constaram de testemunha (sem aplicação de zeólita, cama somente com maravalha), basalto com 20% de zeólita e zeólita pura proveniente de Cuba em mistura com a cama (maravalha). A dose aplicada foi de 9.08 kg/m<sup>2</sup> do basalto com zeólita e 3.16 kg/m<sup>2</sup> de zeólita pura. O galpão de 12 X 50 m foi dividido em 3 partes, cada tratamento teve uma área de aproximadamente 199.92 m<sup>2</sup>.

**Quadro 2.1.** Composição granulométrica dos materiais utilizados em porcentagem.

Material	Peneira			
	2.0 mm	0.8 mm	0.30 mm	< 0.30 mm
Basalto com zeólitas	2.0	35.3	25.7	37.0
Zeólita pura	0.0	0.5	59.5	40.0

Os materiais foram aplicados sobre a maravalha uma semana antes do recebimento do lote, que teve entrada no galpão no dia 02/07/2005 permanecendo durante 5 meses. As aves do experimento eram de postura. A cama foi revolvida normalmente, conforme o teor de água, assim como nos outros galpões durante todo o período de permanência do lote sobre a mesma. Realizou-se 5 coletas de cama, uma por mês, sendo a primeira um mês após a entrada do lote. Foram coletadas 10 amostras de cada tratamento evitando-se ao redor e embaixo dos comedouros e bebedouros. Na última coleta realizou-se a determinação do pH em água.

## 2.6.1 Avaliações

### 2.6.1.1 Caracterização do basalto com zeólitas

O pó de basalto com zeólita foi analisado por Difractometria de Raios X (DRX), para identificação dos minerais presentes na amostra; a análise química total foi realizada por Espectrofotometria de Plasma (ICP) no laboratório Activation Laboratories Ltda, no Canadá, para quantificação dos nutrientes presentes, macro, micronutrientes e metais pesados.

### 2.6.1.2 Determinação do teor de água da cama de aves

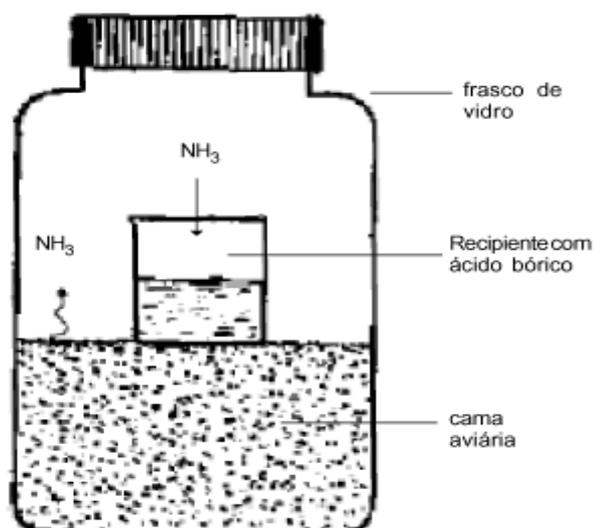
O teor de água da cama de aves foi determinado à cada coleta pesando-se uma quantidade de 50 gramas de cada amostra e levando-se a estufa de circulação de ar por 24 h, a 60° C. Em seguida, o material foi resfriado em temperatura ambiente e pesado em balança de duas casas, obtendo-se por diferença a o teor de água.

### 2.6.1.3 Determinação da amônia liberada pela cama de aves

Em frascos de 700 mL foram colocados 100 gramas de cama na umidade natural juntamente com um béquer contendo 10 mL de ácido bórico 2% (m/v) e indicadores, sendo a seguir tampado (Figura 2.2). O frasco incubador foi mantido em incubação por 16 horas, a uma temperatura constante de 30°C em uma estufa. Após este período a determinação da quantidade (mg) de amônia (NH<sub>3</sub>) fixada na solução de ácido bórico foi realizada pela titulação com solução de ácido sulfúrico padronizado 0,05 N, detectando-se o ponto final da titulação pela adição de uma mistura de vermelho de metila e verde de bromocresol à solução a ser titulada (Hernandes & Cazetta, 2001). Os resultados foram expressos em miligramas de amônia liberada, calculados pela fórmula:

$$A = \frac{V_t \times N \times 17}{P}$$

A = mg NH<sub>3</sub>; V<sub>t</sub> = Volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gasto na titulação (mL); N = Normalidade do ácido; P = quantidade de cama incubada (peso seco).



**Figura 2.2.** Esquema do método para determinação de  $\text{NH}_3$ . Externamente um recipiente fechado (700ml) com a cama aviária e sobre este um outro recipiente (50 ml) contendo o ácido bórico para fixação da amônia liberada pela cama de aves (Hernandes & Cazetta, 2001).

#### 2.6.1.4 Determinação do teor de amônia no ar ambiente

Esta determinação foi realizada pelo laboratório de análises e medições atmosféricas do Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) do município de Criciúma seguindo-se a norma (ABNT NBR 9430 jul/ 1986) uma semana antes do final do período do experimento. Para a coleta da amostra foi utilizado o TRI – GÁS amostrador de pequeno volume (Figura 2.3), sendo um amostrador em cada tratamento e um quarto no lado oposto do galpão, o qual não foi utilizado para o experimento. Este equipamento dispõe de um volume conhecido de ar amostrado que é feito borbulhar através de um reagente líquido a uma vazão de aproximadamente 1.98 L/min (litros por minuto). Considerando as dimensões do galpão, este apresenta aproximadamente um volume interno de 2760 m<sup>3</sup> de ar. O tempo de amostragem foi de aproximadamente 3.35 horas. O amostrador n° 1 ficou no tratamento maravalha, e apresentava uma boa renovação de ar, pois fica próximo à entrada de ar. O amostrador 2 ficou no tratamento zeólita pura também com uma boa renovação de ar. O amostrador 3 no tratamento zeólita com basalto o qual já apresenta uma renovação de ar mais

lenta em comparação com os dois primeiros. O quarto amostrador foi colocado no lado oposto do galpão, próximo aos exaustores, apenas para comparação com os demais.

O volume de ar amostrado foi calculado e corrigido através das seguintes fórmulas:

Cálculo do volume de ar amostrado;

$$V_{ar} = Q_p \times t$$

Onde:  $V_{ar}$  = Volume de ar amostrado ( $m^3$ );  $Q_p$  = Vazão volumétrica real ( $m^3/min$ );  $t$  = Tempo da amostragem (min).

Correção do volume de ar amostrado:

$$V' = \frac{P \times V \times T'}{P' \times T}$$

Onde:  $P$  = Pressão ambiente;  $V$  = volume de ar amostrado;  $T$  = Temperatura do gás registrado;  $P'$  = Pressão normal (101.325 kPa);  $V'$  = volume de ar amostrado nas CNTP, em  $m^3$ ;  $T'$  = Temperatura normal (273 K)

A amônia foi absorvida do ar em uma solução de ácido clorídrico, formando cloreto de amônia, o qual foi posteriormente quantificado em laboratório através de uma solução de hidróxido de sódio, com a utilização de indicador azul de bromotimol. O cálculo do teor de amônia foi feito através da seguinte fórmula:

$$NH_3. \text{ vpm} = \frac{22.4 \times (VtB - VtA) \times NtA}{V}$$

Onde:  $NH_3. \text{ vpm}$  = Concentração de amônia em volume por milhão.

$VtB$  = Volume do titulante no branco em mL.

$VtA$  = Volume do titulante na amostra mL.

$NtA$  = Normalidade do titulante.

$V'$  = volume de ar amostrado nas CNTP, em  $m^3$ .

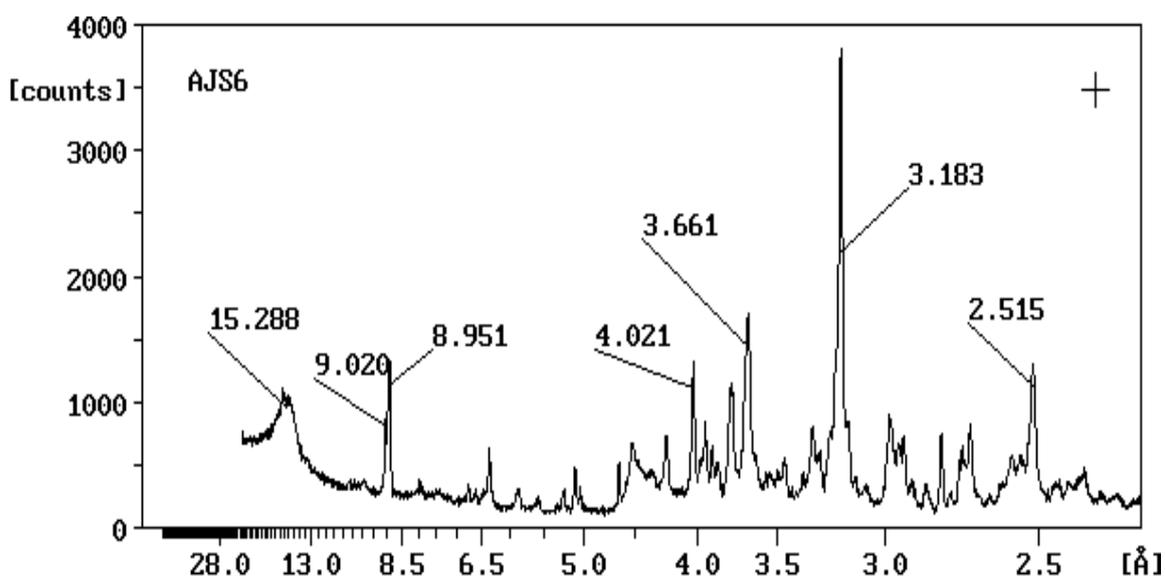


**Figura 2.3.** Amostrador de pequeno volume.

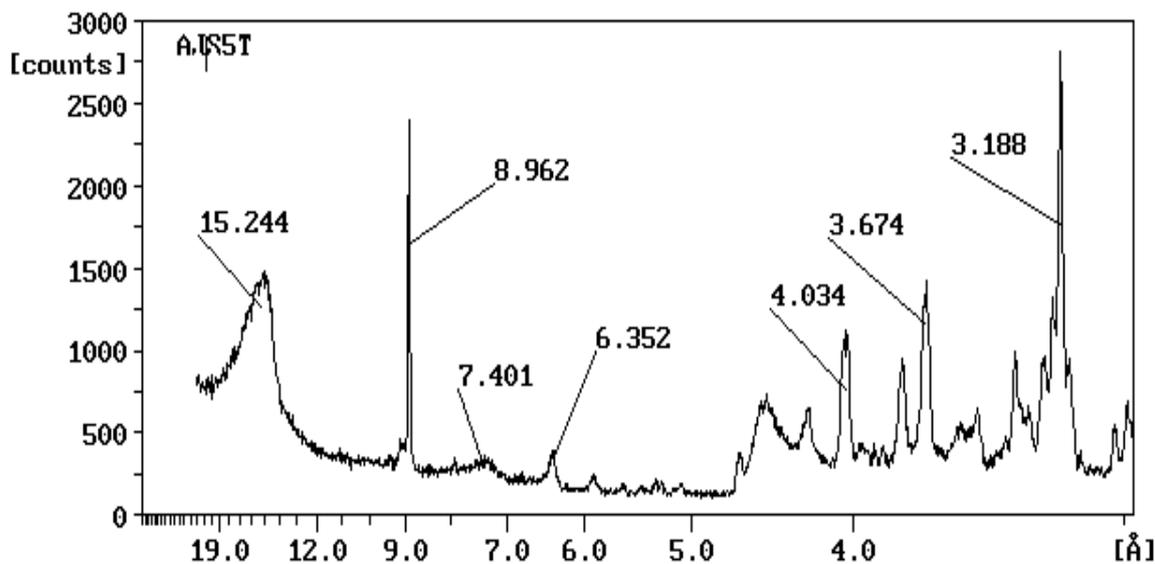
## 2.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.7.1 Caracterização do basalto com zeólitas

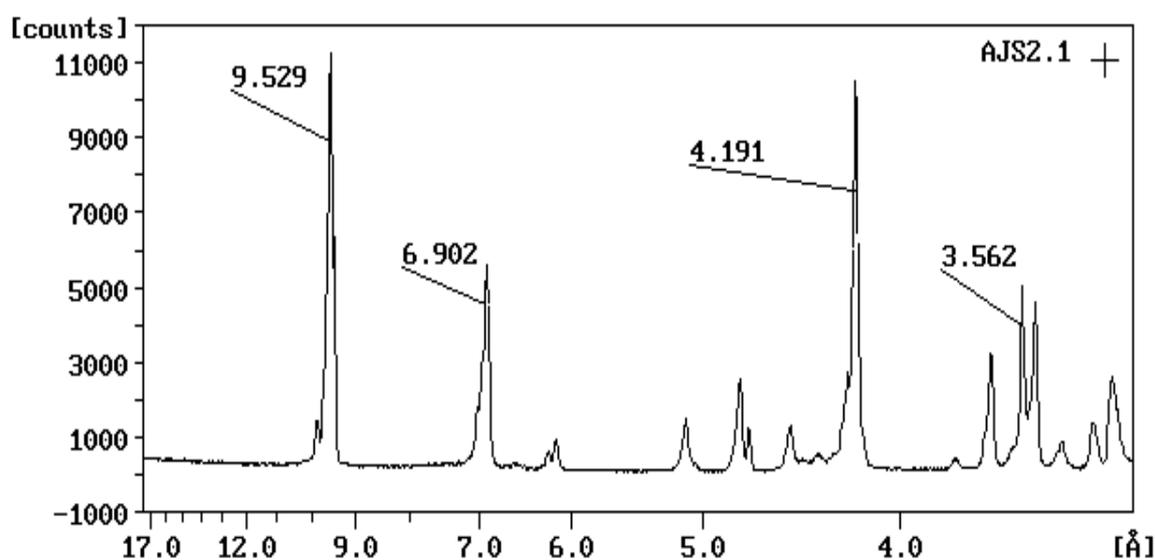
Através da difratometria de raios X, verificou-se que o basalto com zeólitas apresenta grandes quantidades de minerais primários do grupo dos plagioclásios e piroxênios (Figuras 2.4 e 2.5), identificados pelos reflexos em torno de 4.0, 3.7 e 3.2 Å, minerais fontes de Ca e Mg. Nestes saprólitos, parte destes minerais encontram-se já alterados, formando argilominerais do grupo das esmectitas (picos a 15.3 Å). No saprólito, bem como nos geodos (Figura 2.6), são encontradas quantidades expressivas de zeólitas, do grupo das heulanditas e clinoptilolitas (picos em torno de 8.95 Å) e laumontitas (picos 9.5 e 6.9 Å).



**Figura 2.4.** Difratograma do pó de basalto com incrustações de zeólitas.



**Figura 2.5.** Difratoograma do pó de basalto com geodos preenchidos com zeólitas.



**Figura 2.6.** Difratoograma do pó de concentrados de zeólitas presentes no basalto.

Os resultados da análise química total de 2 amostras do saprólito de basalto com zeólitas encontram-se nas tabelas 2.1 e 2.2. Tratando-se de rocha constituída de minerais primários (aluminossilicatos), os conteúdos de Si e Al são dominantes, assim como o ferro, também em alta quantidade no basalto. Quantidades expressivas de Ca, Mg e K também são constatadas, embora parte desses elementos já tenha sido provavelmente perdida por lixiviação no material já parcialmente intemperizado do basalto. Quantidades ainda expressivas de fósforo também

são observadas, provenientes de apatitas presentes no basalto. Também apresenta alguns micronutrientes que se encontram em quantidades expressivas, tais como o zinco e cobre (Tabela 2.2) e de ferro e manganês (Tabela 2.1). Metais pesados e tóxicos às plantas, tais como o cádmio e o chumbo, não foram detectados em quantidades apreciáveis (Tabela 2.2).

**Tabela 2.1.** Análise química total do saprólito de basalto.

Amostra	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI
-----%-----											
01BR	47.71	13.77	14.66	0.182	2.46	2.20	2.87	2.20	4.199	0.38	9.17
02BR	48.09	14.08	14.27	0.184	2.41	2.27	2.76	2.17	4.021	0.37	9.39

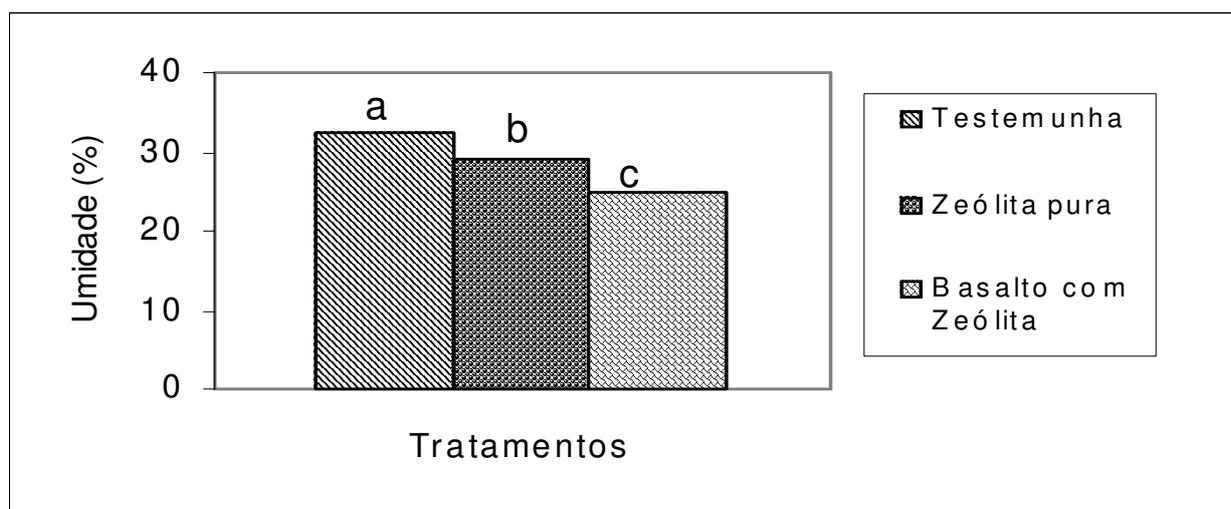
**Tabela 2.2.** Análise química total do saprólito de basalto.

Amostra	Ba	Sr	Y	Sc	Zr	Be	V	Cd	Cu	Pb	Zn	S
-----ppm-----												
01BR	649	964	42	27	295	2	336	-0.3	125	-3	139	0,002
02BR	713	1114	42	28	289	2	323	-0.3	126	9	137	0,001

### 2.7.2 Umidade da cama nos tratamentos

A umidade gravimétrica nos tratamentos, desconsiderando as épocas de avaliação, foi maior na testemunha, seguido da zeólita pura, sendo que a menor umidade ocorreu no tratamento basalto com zeólita (Figura 2.7), mostrando que os materiais foram eficientes na redução da umidade da cama de aves. A umidade da cama relaciona-se a fatores como tipo de dieta, consumo de água, temperatura ambiente, ventilação e principalmente tipo de bebedouro usado (Oliveira et al., 2004).

Öztürk et al. (1998) observaram menores conteúdos de umidade das fezes de galinhas alimentadas com dietas contendo 5 níveis de zeólita natural clinoptilolita (0, 2, 4, 6 e 8%) comparando com as galinhas alimentadas sem zeólita.



**Figura 2.7.** Teor de água (%) em cama de aves tratada com diferentes aditivos (Média de 5 coletas).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Duncan a 5%.

Na avaliação geral dentro das coletas, desconsiderando os tratamentos, a umidade foi maior na 3ª coleta em média absoluta, mas não se diferenciou estatisticamente da 4ª coleta, e como se esperava foi menor na 1ª coleta (Tabela 2.3), visto que as aves ainda eram muito jovens, portanto o consumo de água era bem menor e o volume de fezes também.

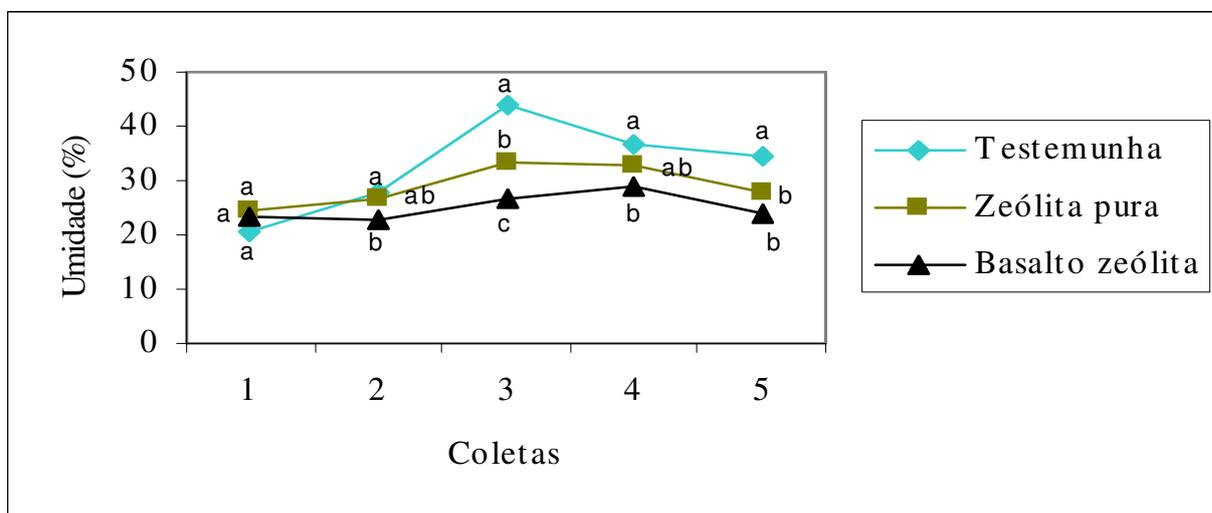
**Tabela 2.3.** Teor de água da cama de aves em função da coleta.

Coleta	Umidade (%)
1	22.79 c
2	25.95 b
3	34.54 a
4	32.63 a
5	28.53 b
CV (%)	19.15

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Duncan a % significância.

Avaliando conjuntamente tratamento com coleta observa-se que os tratamentos testemunha e zeólita pura apresentaram a maior umidade na 3ª coleta, sendo que a partir desta ocorreu uma tendência de redução da umidade (Figura 2.8). Já o tratamento basalto com

zeólita apresentou elevação no teor de água até a 4<sup>o</sup> coleta, onde foi o maior valor e ocorreu uma redução na 5<sup>o</sup> coleta.

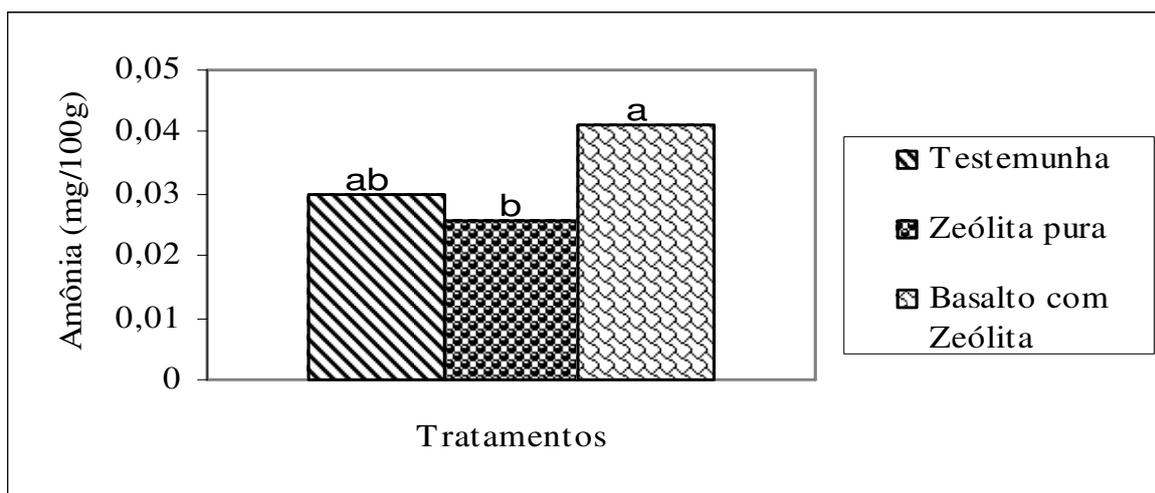


**Figura 2.8.** Teor de água (%) em cama de aves em função da época de avaliação. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem pelo teste Duncan a 5% significância.

### 2.7.3 Amônia na cama de aves

Os teores de amônia liberada em função dos tratamentos foram muito baixos, havendo grande variação entre as repetições dentro dos tratamentos, o que se refletiu em coeficientes de variação bastante elevados.

Na avaliação geral, considerando apenas os tratamentos, o maior teor de amônia foi observado no basalto com zeólitas, porém sem diferenças estatísticas com a testemunha (Figura 2.9), neste caso o coeficiente de variação apresentado foi de 117%.



**Figura 2.9.** Teor de amônia em cama de aves tratada com diferentes aditivos (Média de 4 coletas).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Duncan a 5%.

Oliveira et al, (2004) encontraram teores de amônia em torno de 6 a 8.5 mg/100g de amônia em um experimento que também teve como cama a maravalha, onde foram criados 3 lotes consecutivos por 2 meses cada.

Quando se avaliou as coletas independentemente dos tratamentos observou-se que o teor de amônia em média absoluta foi maior na 3ª coleta, porém sem diferenças estatísticas com a 4ª coleta. Este aumento no teor de amônia com o passar do tempo era esperado, visto que as aves vão crescendo, aumentam seu consumo de água e o volume de fezes.

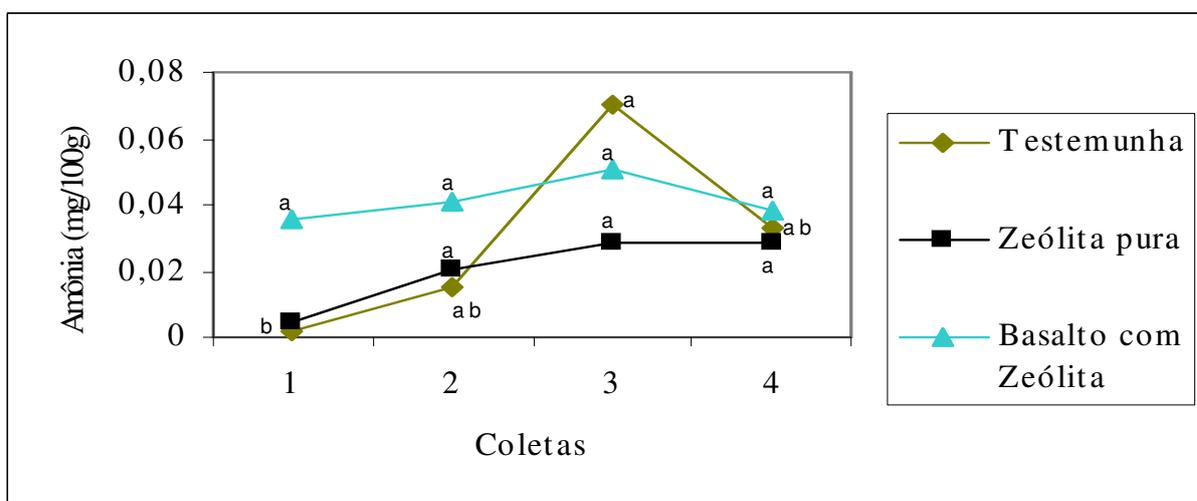
A amônia está relacionada entre outros fatores com o teor de umidade e como pode-se observar na tabela 2.3 o teor de umidade também foi maior na 3ª coleta, justificando este maior teor de amônia.

**Tabela 2.4.** Teores de amônia em função da coleta.

Coleta	Amônia (mg/100g)
1	0.014 b
2	0.025 b
3	0.049 a
4	0.033 ab
CV (%)	117.63%

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Duncan a % significância.

Avaliando conjuntamente tratamento com coleta observa-se que no tratamento testemunha o teor de amônia foi maior na 3ª coleta com diferença estatística apenas da 1ª coleta (Figura 2.10), sendo que o coeficiente de variação foi de 198.36%. No tratamento zeólita pura apenas a primeira coleta se diferenciou das demais. No basalto com zeólita não houve diferença entre as coletas, apenas em média absoluta a 3ª coleta apresentou maior valor.



**Figura 2.10.** Teor de amônia em cama de aves em função da coleta. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem pelo teste Duncan a 5% significância.

#### 2.7.4 pH da cama de aves

A volatilização de amônia é influenciada pelo pH, sendo que valores de pH abaixo de 7.0 resultam em aumento na proporção  $\text{NH}_3/\text{NH}_4$ , e como o íon amônio é volátil, há redução das perdas de nitrogênio por volatilização da amônia (Oliveira et al., 2004). O pH da cama encontra-se acima de 7.0, portanto extremamente favorável a volatilização de amônia. A testemunha apresentou o maior valor de pH e diferente estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 2.4).

Oliveira et al., (2004) testando diferentes condicionadores químicos em cama de aves observaram redução significativa do pH da cama ao final de 42 dias de criação em 3 lotes quando utilizaram sulfato de alumínio.

**Tabela 2.5.** Valores de pH da cama de aves tratada com aditivos.

<b>Tratamento</b>	<b>pH</b>
Testemunha	9.03 a
Zeólita pura	8.95 b
Basalto com zeólitas	8.89 b
CV (%)	0.86

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Duncan a 5% significância.

### 2.7.5 Teor de amônia no ar ambiente

A menor concentração de amônia no ar entre os tratamentos foi observada na testemunha (somente maravalha) (Tabela 2.6). Este resultado foi influenciado pela circulação de ar no galpão e pela disposição dos tratamentos. No tratamento maravalha onde se obteve a menor concentração é onde está a entrada de ar, portanto uma renovação constante e mais intensa, e assim conforme os tratamentos foram se distanciando da entrada de ar a concentração de amônia foi aumentando, pois a renovação do ar já ocorria de forma mais lenta.

O maior valor de amônia no ar ambiente foi observado no lado do galpão não utilizado no experimento, onde a renovação de ar é ainda mais lenta o que proporciona uma maior acúmulo de amônia no ar.

**Tabela 2.6 .** Concentração de amônia no ar ambiente de um galpão de aves tratado com aditivos.

<b>Tratamento</b>	<b>NH<sup>3</sup> (vpm)</b>
Testemunha	3.15
Zeólita pura	18.09
Basalto com zeólitas	36.17
Outro lado do galpão	120.68

Vpm = volume por milhão

## 2.8 CONCLUSÕES

1. O basalto com zeólitas é formado por zeólitas do grupo das heulanditas, clinoptilolitas e laumontitas.
2. A adição de zeólita pura e do basalto com zeólitas reduziu a umidade da cama de aves.
3. O pH da cama encontrava-se extremamente favorável a perdas de amônia por volatilização.
4. O tratamento basalto com zeólita apresentou o maior teor de amônia na cama de aves.

## 2.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTAING, J. **Uso de las arcillas en alimentación animal**. XIV Curso de especialización. Avances em nutrición y alimentación animal. Asociación general de productores de maíz. España, 1998. Disponível em: <[www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPVIII.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPVIII.pdf)>. Acesso em: 25 abr 2006.

CORREIA, J. G. **Estudo da zeólita para utilização na agricultura**. Disponível em: [www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_xl-jic\\_2003/13\\_jackieline\\_JIC\\_2003.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_xl-jic_2003/13_jackieline_JIC_2003.pdf). Acesso em: 20 mai 2006.

FUENTES, G. R. & IZNAGA, I. R. **Eliminación de metales tóxicos mediante zeólitas naturales**. Disponível em: <[www.jpc.csic.es/cyted/monografias/monografias1998/B1-225.pdf](http://www.jpc.csic.es/cyted/monografias/monografias1998/B1-225.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2005.

GLÓRIA, N. A.; BARRETO, M. C. V.; MORAES, C. J. et al. **Avaliação do gesso e de alguns fosfatos como inibidores da volatilização de amônia de esterco**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, V. 15, p. 297-301. 1991.

HERNANDES, R. et al. **Frações nitrogenadas, glicídicas e amônia liberada pela cama de frangos de corte em diferentes densidades e tempos de confinamento**. Revista Brasileira de Zootecnia, V. 31, nº 3, Supl 0. Mai/jun, p.1795-1802. 2002.

HERNANDES, R. & CAZETTA, J. O.. **Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária**. Revista Brasileira de Zootecnia, V. 30, nº 3. Mai/jun, p. 824-829. ISSN 1516-3598, 2001.

JIMENEZ, R. S.; BOSCO, S. M. D. & CARVALHO, W. A.. **Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural Escolécita – Influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares**. Química nova, v. 27, nº 5, p. 734-738. 2004.

LUZ, A. B. da. **Zeólitas: Propriedades e usos industriais**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPQ, 42 p.1995.

LY, J.; CÁRON, M. et al. **Una nota sobre la adsorción in vitro de amoniaco en zeólitas naturales cubanas**. Revista Computadorizada de Produccion Porcina, Cuba, V. 3, nº 3, 1996.

MING, D. W. & MUMPTON, F. A. 1989. Zeolites in soils. In: DIXON, J. B.& WEED, s. B. (eds). **Minerals in soil Environments**. 2 ed. Madison, Soil Science Society of América Book series, 1. p.873-907. 1989.

MONTE, M. M. **Minerais a serviço da agricultura**. Cetem, Informativo do Centro de Tecnologia Mineral. Ano VI, nº 4, jul/set 2005.

NEME, R. SAKOMURA, N. K.; OLIVEIRA, M. D. S. de et al. **Adição do gesso agrícola em três tipos de cama de aviário na fixação de nitrogênio e desempenho de frango de corte.** *Ciência Rural*, v. 30, n° 4, p. 687-692. 2000.

OLIVEIRA, A. M. de. **Decomposição de NO em cobre suportado sobre zeólitas.** Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre. 96 p. 2002.

OLIVEIRA, M. C. et al. **Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango.** *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, V. 56, n° 4, p. 536-541. 2004.

OLIVEIRA, M. C. de; ALMEIDA, C. V.; ANDRADE, D. O. *et al.* **Teor de matéria seca, pH e amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes aditivos.** *R. Bras. Zootec.* [online]. jul./ago. 2003, v.32, n° 4, p.951-954. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516335982003000400022&Ing=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516335982003000400022&Ing=pt&nrm=iso)>. ISSN 1516-3598. Acesso em: 15 fev 2005.

ÖZTÜRK, E. et al. **Influence of natural zeolite on performance of laying hens and egg quality.** *Tr. J. of Agriculture and Forestry*. 22, p. 623-628. 1998.

PARRÉ, C.; VIEIRA, P. de F.; SILVEIRA, A. C. et al. **Utilização de uréia e zeólita na alimentação de ovinos: Digestibilidade e balanço de Nitrogênio.** In: *Anais da XXXIV Reunião da SBZ*, Juiz de Fora, 1997.

PULIDO, R. G. y FEHRING, A. **Efecto de la adición de una zeolita natural sobre la respuesta productiva de terneras de lechería, postdestete.** *Arch. Med. Vet.*, dic. v.36, n° 2, p.197-201. 2004. ISSN 0301-732X.

TOMASEVIC-CANOVIC, M. et al. **The effect exchangeable cations in clinoptilolite and montmorillonite on the adsorption of aflatoxin B1.** *J. Serb. Chem.Soc.* 66 (8) p. 555-561, 2001.

WERNECK, C.; HAIM, P. G. et al. **Teores de nitrato em alface cultivada em substrato com zeólita.** In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 30, 2005, Recife. Resumos - Recife, SBCS/UFRPE, 2005. CD-Rom.