

**JULIANE GARCIA KNAPIK**

**UTILIZAÇÃO DO PÓ DE BASALTO COMO ALTERNATIVA À  
ADUBAÇÃO CONVENCIONAL NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
*Mimosa scabrella* BENTH e *Prunus sellowii* KOEHNE**

**Dissertação apresentada como requisito parcial  
à obtenção de grau de Mestre em Ciências  
Florestais, Curso de Pós-Graduação em  
Engenharia Florestal, Setor de Ciências  
Agrárias, Universidade Federal do Paraná.**

**Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo  
Angelo**

**CURITIBA**

**2005**

***Dedico***

*Ao meu pai **Bernardo Knapik**,  
professor na vida e na profissão, pelo  
exemplo de vida e por ter sempre incentivado  
e acreditado no meu trabalho*

*À minha mãe **Terezinha Garcia Knapik**,  
professora na vida e na profissão, pela  
compreensão, otimismo, afeto e o constante  
apoio oferecido*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela saúde e perseverança.

À Universidade Federal do Paraná, juntamente com a coordenação do curso de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização do curso.

À Embrapa-Florestas, pelo espaço e material cedidos à realização deste trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À amiga Lausanne Soraya de Almeida, fiel companheira na amizade e nas longas horas de coleta de dados, obrigada em especial por esses dois anos de convívio.

À amiga Bárbara Guerreira Alpande Ferreira, sempre prestativa, que não mediu esforços no auxílio nas coletas de dados, às caronas e pelas valiosas sugestões ao trabalho.

À amiga e irmã Heloise Garcia Knapik, pela paciência no ato de nossa convivência, e pelos preciosos préstimos nas coletas de dados e revisão do trabalho.

À professora Kátia Zuffellato, a grande responsável em me ingressar ao mundo científico, pela orientação, pelos ensinamentos e pela amizade.

Ao orientador Alessandro Camargo Angelo, pela orientação, compreensão, amizade e confiança no meu trabalho.

Ao co-orientador Márcio Pinheiro Ferrari, *in memoriam*, que nos deixou antes mesmo de ver o trabalho concluído.

Ao co-orientador Edilson Batista de Oliveira, pelo auxílio na estatística e valiosas sugestões ao trabalho.

À pesquisadora Letícia Penno de Sousa, pela disponibilização das sementes.

Aos técnicos do viveiro da Embrapa-Florestas, pelos serviços prestados, em especial ao Joel Nunes da Veiga, pela disposição em sempre ajudar.

Aos técnicos do Departamento de solos da Embrapa-Florestas, e do Departamento de solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, pelo auxílio e acompanhamento nas análises.

Ao professor José Manoel dos Reis Neto, e técnicos do LAMIR, pelas análises realizadas.

Aos professores do curso de pós-graduação do Curso de Engenharia Florestal, em especial aos professores Antonio Carlos Nogueira, Carlos Vellozo Roderjan, Franklin Galvão e Rudi Arno Seitz, pelos ensinamentos que muito contribuíram para minha formação acadêmica.

À professora Suzi Maria de Cordova Huff Theodoro, geóloga e Doutora em Desenvolvimento Sustentável pela UnB, pelo incentivo.

À psicóloga e amiga Rafaela Ribeiro, por seus oportunos conselhos.

À Mími, companheira felina, ex-moradora do viveiro da Embrapa-Florestas, que ao longo do experimento me escolheu como sua dona.

A todos que de alguma forma colaboraram para execução deste trabalho.

Certa vez, disseram a Thomas Edson:

- O senhor colecionou 2000 fracassos antes de inventar a lâmpada.

Ao que Edson respondeu:

- Não. Eu aprendi 2000 maneiras de como não se inventar a lâmpada.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	viii
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	viii
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 PESQUISA COM ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS.....	4
2.1.1 A bracatinga.....	4
2.1.2 O pessegueiro-bravo.....	7
2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS EM VIVEIRO.....	8
2.2.1 Qualidade na produção de mudas florestais.....	8
2.2.2 Substrato.....	12
2.2.2.1 Casca de <i>Pinus</i> sp.....	16
2.2.2.2 Vermiculita.....	17
2.2.2.3 Fibra de coco.....	17
2.2.2.4 Húmus de minhoca.....	18
2.2.2.5 Esterco.....	19
2.2.3 Micorrização e rizóbios.....	20
2.2.4 Adubação.....	22
2.2.4.1 Importância dos nutrientes para as plantas.....	22
2.4 USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS.....	35
2.4.1 Alternativas ao uso de fertilizantes químicos.....	37
2.5 PÓ DE BASALTO.....	39
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	49
3.1 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO PÓ DE BASALTO.....	49
3.2 INSTALAÇÃO DO ENSAIO I.....	50
3.2.1 Aquisição das sementes.....	50
3.2.2 Substrato.....	50
3.2.3 Adubação.....	52
3.2.4 Delineamento experimental e tratamentos.....	53
3.2.5 Instalação e condução do experimento.....	54
3.2.6 Avaliações.....	57
3.2.7 Determinação das características físicas e químicas das misturas de substratos.....	59
3.2.8 Determinação do acúmulo de nutrientes foliares.....	59
3.2.9 Análise estatística.....	59
3.3 INSTALAÇÃO DO ENSAIO II.....	60
3.3.1 Aquisição das sementes.....	60
3.3.2 Substrato.....	60
3.3.3 Adubação.....	62
3.3.4 Delineamento experimental e tratamentos.....	63
3.3.5 Instalação e condução do experimento.....	63
3.3.6 Avaliações.....	63
3.3.7 Determinação das características físicas e químicas dos substratos.....	64
3.3.8 Determinação do acúmulo de nutrientes foliares.....	64
3.3.9 Análise estatística.....	64
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	65
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PÓ DE BASALTO.....	65
4.2 ENSAIO I.....	71
4.2.1 Caracterização dos componentes do substrato.....	71
4.2.1.1 Preço dos substratos utilizados no ensaio I.....	77
4.2.2 Características de crescimento de <i>Mimosa scabrella</i> .....	79
4.2.2.1 Índices morfológicos para <i>Mimosa scabrella</i> .....	87
4.2.3 Características de crescimento de <i>Prunus sellowii</i> .....	89
4.2.3.1 Índices morfológicos para <i>Prunus sellowii</i> .....	96
4.2.3.2 Acúmulo de nutrientes nas folhas de <i>Prunus sellowii</i> .....	97

4.3 ENSAIO II.....	99
4.3.1 Características dos componentes dos substratos.....	99
4.3.1.1 Preço dos substratos utilizados no ensaio II .....	107
4.3.2 Características de crescimento de <i>Mimosa scabrella</i> .....	108
4.3.2.1 Índices morfológicos para <i>Mimosa scabrella</i> .....	115
4.3.3 Características de crescimento de <i>Prunus sellowii</i> .....	117
4.3.3.1 Índices morfológicos para <i>Prunus sellowii</i> .....	123
4.3.3.2 Acúmulo de nutrientes nas folhas de <i>Prunus sellowii</i> .....	124
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	127
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	131
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	132
<b>APÊNDICE</b> .....	146

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 –	PEDREIRA ONDE FOI COLETADO O PÓ DE BASALTO .....	49
FIGURA 2 –	MATERIAS UTILIZADOS NA COMPOSIÇÃO DOS SUBSTRATOS NO ENSAIO I: SC – SUBSTRATO COMERCIAL A BASE DE <i>Pinus sp</i> E VERMICULITA, FC – FIBRA DE COCO, HM – HÚMUS DE MINHOCA. ....	51
FIGURA 3 –	BETONEIRA USADA PARA HOMEGENIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS COM AS ADUBAÇÕES .....	54
FIGURA 4 –	MESA VIBRATÓRIA UTILIZADA PARA ACOMODAÇÃO DO SUBSTRATO NOS TUBETES .....	55
FIGURA 5 –	LOCAIS DE PERMANÊNCIA DAS MUDAS NO EXPERIMENTO: A - CASA-DE- GERMINAÇÃO, B – CASA-DE-CRESCIMENTO, C - AMBIENTE DE PLENO SOL .....	56
FIGURA 6 –	MEDIÇÃO DO DIÂMETRO DE COLO COM AUXÍLIO DE PAQUÍMETRO ELETRÔNICO DIGITAL .....	57
FIGURA 7 –	A - SELEÇÃO DE MUDAS PARA A ANÁLISE DESTRUTIVA, B - DETALHE .....	58
FIGURA 8 –	A - LAVAGEM DAS RAÍZES COM JATOS DE ÁGUA, B - DETALHE .....	58
FIGURA 9 –	PREPARAÇÃO DAS MUDAS PARA SECAGEM EM ESTUFA .....	58
FIGURA 10 –	LOCAL DE COLETA DO ESTERCO DE CAVALO, HÍPICA DO CÍRCULO MILITAR.....	61
FIGURA 11 –	APLICAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE COBERTURA EM MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> .....	62
FIGURA 12 –	LOCAL DE ORIGEM DAS AMOSTRAS A E B .....	65
FIGURA 13 –	AMOSTRAS DE ROCHAS ENVIADAS PARA ANÁLISES .....	66
FIGURA 14 –	IMAGEM MICROGRÁFICA EM LUZ POLARIZADA: 1 – DEMONSTRANDO A TEXTURA DA ROCHA. 2 – DETALHE DO CARBONATO QUE PREENCHE AS AMÍGDALAS EXISTENTES NA ROCHA. ....	66
FIGURA 15 –	IMAGEM MICROGRÁFICA EM LUZ POLARIZADA: 1 – DETALHE DOS CRISTAIS DE PLAGIOCLÁSIO, 2 – EVIDÊNCIA DA RELAÇÃO MINERALÓGICA DO NÍVEL DIFERENCIADO DA ROCHA .....	67
FIGURA 16 –	ASPECTO DA GRANULOMETRIA DO PÓ DE BASALTO .....	70
FIGURA 17 –	MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> PRODUZIDAS NO ENSAIO II.....	115

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 –	SUBSTRATOS APLICADOS NO ENSAIO 1 EM PROPORÇÕES VOLUMÉTRICAS .....	51
QUADRO 2 –	COMPOSIÇÃO DE NUTRIENTES DOS ADUBOS QUÍMICOS .....	52
QUADRO 3 –	SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO II .....	60
QUADRO 4 –	TRATAMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO II PARA AS ESPÉCIES <i>Mimosa scabrella</i> E <i>Prunus sellowii</i> .....	63
QUADRO 5 –	MINERAIS ENCONTRADOS NA ROCHA DE BASALTO ATRAVÉS DA ANÁLISE PETROGRÁFICA DE ROCHAS NA AMOSTRA “A” .....	66
QUADRO 6 –	MINERAIS ENCONTRADOS NA ROCHA DE BASALTO ATRAVÉS DA ANÁLISE PETROGRÁFICA DE ROCHAS NA AMOSTRA “B” .....	67

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 –	ALTURA DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA.....	80
GRÁFICO 2 –	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM ALTURA DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> , NO ENSAIO I.....	82
GRÁFICO 3 –	DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	83
GRÁFICO 4 –	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> , NO ENSAIO I .....	84
GRÁFICO 5 –	BSPA E BSR DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA.....	86
GRÁFICO 6 –	ALTURA DAS MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO I, 120 APÓS EMERGÊNCIA ...	90
GRÁFICO 7 –	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM ALTURA DAS MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> , NO ENSAIO I.....	91
GRÁFICO 8 –	DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	92
GRÁFICO 9 –	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> , NO ENSAIO I .....	93
GRÁFICO 10 –	BSPA E BSR DAS MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA.....	95
GRÁFICO 11 –	DISTRIBUIÇÃO DA GRANULOMETRIA DOS COMPONENTES QUE CONSTITUEM OS TRATAMENTOS DO ENSAIO II, POR TAMANHO DE PARTÍCULAS .....	105
GRÁFICO 12 –	ALTURA DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO II, 135 APÓS EMERGÊNCIA.....	109
GRÁFICO 13 –	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM ALTURA DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> , NO ENSAIO II.....	110
GRÁFICO 14 –	DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	111
GRÁFICO 15 –	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> , NO ENSAIO II .....	112
GRÁFICO 16 –	BSPA E BSR DAS MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA.....	113
GRÁFICO 17 –	ALTURA DAS MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA.....	118
GRÁFICO 18 –	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM ALTURA DAS MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> , NO ENSAIO II.....	119
GRÁFICO 19 –	DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	120
GRÁFICO 20 –	EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> , NO ENSAIO II.....	120
GRÁFICO 21 –	BSPA E BSR DAS MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA.....	122

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – QUANTIDADE DE ADUBAÇÃO POR TUBETE UTILIZADA NOS TRATAMENTOS DO ENSAIO I.....	52
TABELA 2 – ANÁLISE QUÍMICA DO ESTERCO DE CAVALO.....	61
TABELA 3 – ANÁLISE QUÍMICA TOTAL DO PÓ DE BASALTO .....	68
TABELA 4 – GRANULOMETRIA EM PORCENTAGEM DO PÓ DE BASALTO.....	69
TABELA 5 – ANÁLISE QUÍMICA DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO I .....	71
TABELA 6 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO I.....	76
TABELA 7 – PREÇO DOS COMPONENTES DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO I, POR TONELADA .....	77
TABELA 8 – PREÇO DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO I, EM TONELADA .....	78
TABELA 9 – MÉDIAS DE ALTURA E DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA.....	79
TABELA 10 – MÉDIAS DE BSPA, BSR E BST DE MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	85
TABELA 11 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS PARA MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO I, A PARTIR DE VARIÁVEIS COLETADAS 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA.....	87
TABELA 12 – MÉDIAS DE ALTURA E DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	89
TABELA 13 – MÉDIAS DE BSPA, BSR E BST DE MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	94
TABELA 14 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS PARA MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO I, A PARTIR DE VARIÁVEIS COLETADAS AOS 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA.....	96
TABELA 15 – ACÚMULO DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE <i>Prunus sellowii</i> , NAS DIFERENTES ADUBAÇÕES APLICADAS NO SUBSTRATO SC DO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	97
TABELA 16 – ANÁLISE QUÍMICA DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO II .....	99
TABELA 17 – CARACTERÍSTICAS DE EC, C, M.O., N (NITRATO E AMÔNIA) E RELAÇÃO C/N, DE QUATRO TRATAMENTOS DO ENSAIO II .....	102
TABELA 18 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO II .....	104
TABELA 19 – PREÇO DOS COMPONENTES DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO II, POR TONELADA .....	107
TABELA 20 – PREÇO DE CADA SUBSTRATO UTILIZADO NO ENSAIO II, POR TONELADA .....	107
TABELA 21 – MÉDIAS DE ALTURA E DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO II, 135 APÓS EMERGÊNCIA .....	108
TABELA 22 – MÉDIAS DE BSPA, BSR E BST DE MUDAS DE <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	113
TABELA 23 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS PARA <i>Mimosa scabrella</i> NO ENSAIO II, A PARTIR DE VARIÁVEIS COLETADAS AOS 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	116
TABELA 24 – MÉDIAS DE ALTURA E DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	117
TABELA 25 – MÉDIAS DE BSPA, BSR E BST DE MUDAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	121
TABELA 26 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS PARA <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO II, A PARTIR DE VARIÁVEIS COLETADAS AOS 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA .....	123
TABELA 27 – ACÚMULO DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE <i>Prunus sellowii</i> NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA, .....	124
TABELA 28 – PREÇO DOS ADUBOS MINERAIS EXTRAÍDOS QUIMICAMENTE E DO PÓ DE BASALTO, QUANDO RETIRADO NA PEDREIRA.....	129

## RESUMO

Expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas podem ser alcançados pela adubação mineral. No entanto, pesquisas procurando alternativas à essa adubação são necessárias, uma vez que esses produtos, em excesso, desencadeiam um risco potencial ao meio ambiente, além de contribuir para o aumento dos custos de produção de mudas. Esse trabalho buscou uma alternativa a esse processo convencional, avaliando-se a viabilidade da utilização de pó de basalto, rico em macro e micronutrientes, no lugar do fertilizante. As espécies utilizadas foram *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus sellowii* Koehne, conhecidas respectivamente como bracatinga e pessegueiro-bravo. Essas espécies possuem características que as tornam apropriadas em um estudo de produção de mudas em viveiro com distintas condições físico-químicas. A bracatinga destaca-se por possuir crescimento rápido, alta capacidade invasora, capaz de colonizar terrenos totalmente descobertos, características essas importantes para programas de recuperação de ecossistemas degradados. O pessegueiro-bravo possui abundante frutificação, com ótimo poder germinativo de suas sementes, e preferência por solos bem drenados e de fertilidade alta. A fim de testar essas espécies em diferentes substratos e adubações, com utilização de pó de basalto, foram instalados dois experimentos, ambos no viveiro da Embrapa Florestas, em Colombo - PR. Em janeiro de 2004 foi instalado o Ensaio I, delineado em blocos ao acaso, constituindo um fatorial com três substratos (diferentes misturas de substrato comercial a base de casca de *Pinus sp* e vermiculita, fibra de coco e húmus de minhoca) e quatro adubações (testemunha, N.P.K., N.P.K. adicionada de micronutrientes, e pó de basalto). O Ensaio II foi instalado em junho de 2004, em delineamento em blocos ao acaso, com dois substratos (misturas de substrato comercial a base de casca de *Pinus sp* e vermiculita, e esterco de cavalo) e três adubações (testemunha, P.K., e pó de basalto). Ainda, a espécie pessegueiro-bravo recebeu em todos os tratamentos o nutriente nitrogênio, não sendo este aplicado na bracatinga, por esta ser uma leguminosa. As variáveis analisadas foram altura, diâmetro de colo, biomassa seca (aérea e radicial) e análise de nutrientes das folhas de mudas de *Prunus sellowii*. Para o Ensaio I, os resultados para as duas espécies mostraram o melhor crescimento das mudas nos substratos com pouca utilização de húmus de minhoca, e adubações com N.P.K, acrescido ou não com micronutrientes. A adubação com pó de basalto proporcionou mudas maiores que a testemunha, no entanto, sem diferença estatística. No Ensaio II, apenas para a espécie pessegueiro-bravo, a adição de esterco de cavalo no substrato proporcionou melhor crescimento das mudas. Porém, quando adicionado esterco de cavalo juntamente com adubação com pó de basalto, o desenvolvimento das mudas foi prejudicado, possivelmente pela falta de aeração no substrato.

Palavras-chave: bracatinga, pessegueiro-bravo, viveiro, substrato, adubação.

## ABSTRACT

It has been assumed that expressive increases in the growth and quality of seedlings can be reached through the mineral fertilization. However, in order to find alternatives to this fertilization, whose products, in excess, unchain a potential risk to the environment, new researches are necessary. In order to search an alternative to this conventional process, the study was conducted to evaluate the viability of the basalt powder used as fertilization; which is a rich material in macro and micronutrients. The species that were used are *Mimosa scabrella* Benth and *Prunus sellowii* Koehne, popularly known as bracinga and pessegueiro-bravo, respectively. Both species presents characteristics that become them appropriate in a study of seedlings production in nursery, with distinct physico-chemical conditions. Bracinga presents fast growth, height invading capacity and a big potential to colonize degraded lands, becoming so important to the regeneration of the degraded ecosystems. Pessegueiro-bravo presents abundant fruition, height seeds germination, and preference for well drained and height fertility ground. In order to test these species in different growing substrate and fertilizations, with basalt powder use, two experiments were installed, both in Embrapa Florestas nursery. In January/2004, the first experiment was carried on a randomized block design, constituting a factorial with three growing substrate (mixtures of different commercial substrate with Pinus sp bark and vermiculite, coconut fiber and earthworm humus), and four fertilization (witness, N.P.K, N.P.K.+ micronutrients, and basalt powder). In June/2004, the second experiment was installed, carried on a randomized block design, with two growing substrate (mixtures of different commercial substrate with Pinus sp bark and vermiculite, and horse dung), and three fertilizations (witness, P.K., and basalt powder). The pessegueiro-bravo specie received the nutrient N in all the treatments; however, this nutrient was not applied in bracinga specie, because bracinga is a leguminous. The seedlings of *Prunus sellowii* were evaluated in relation the following characteristics: height, root collar diameter, shoot and root dry weight and the nutrient contents of the shoot. For both species in the first experiment, the best results were found with substrate with little use of earthworm humus and N. P. K. fertilization, with or without micronutrients. The basalt powder fertilization provided bigger seedlings than the witness, although that not occurred different statistics. In the second experiment, only for the pessegueiro-bravo specie, the addition of horse dung in the substrate mixture showed the best seedlings development. However, when added horse dung with the basalt powder fertilization, this mixture provides seedlings with development, associated probably with the lack of ground aeration.

Key-words: bracinga, pessegueiro-bravo, nursery, growing médium, fertilization.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a pesquisa referente a espécies arbóreas nativas tem se intensificado, principalmente devido ao aumento do interesse de universidades, órgãos de pesquisa governamentais e não governamentais e empresas privadas. Essas entidades se deparam com a necessidade da recuperação de ecossistemas degradados, vinculada à crescente conscientização ambiental. Apesar dos esforços e dos conhecimentos já acumulados sobre essas espécies, muitos questionamentos ainda existem e pouco se sabe sobre elas.

A espécie *Mimosa scabrella* Benth., conhecida como bracatinga, é uma árvore pioneira que, visto sua rusticidade e o seu rápido crescimento, possui potencial para recuperação de ecossistemas degradados. Da família das Mimosáceas, essa espécie também é resistente às geadas, e ocorre principalmente nas formações de Floresta Ombrófila Mista (CARVALHO, 1994).

Já a espécie *Prunus sellowii* Koehne, conhecida como pessegueiro-bravo, é uma secundária inicial que, segundo o mesmo autor, possui características que a torna promissora tanto para reflorestamentos como para recuperação de ecossistemas degradados. Esta árvore da família das Rosaceae é tolerante a temperaturas frias, possui madeira apreciada pelas serrarias e crescimento relativamente rápido, além de apresentar abundante frutificação, com ótimo poder germinativo de suas sementes.

Essas peculiaridades justificam a escolha dessas espécies para se realizar um estudo de produção de mudas, visando avaliar o seu desempenho em diferentes substratos e sob distintas adubações.

De acordo com BARBOSA, SOARES e CRISÓSTOMO (2003), a formação de mudas de boa qualidade em viveiro é um dos pontos determinantes do processo de produção, o qual pode possibilitar plantas com melhor desempenho em campo.

Nas últimas décadas, presenciou-se a mudança do método de produção de mudas, passando de embalagens tradicionais, como sacos plásticos, para o sistema de tubetes o que, dentre outras vantagens, trouxe a possibilidade de mecanização das operações de produção. No entanto, devido a menor quantidade de substrato utilizado, nesse tipo de recipiente há a obrigatoriedade de adubações, que devem ser frequentes devido à alta lixiviação de nutrientes (GONÇALVES et al., 2000).

A maior demanda de adubações, no entanto, gera um maior custo, muitas vezes desnecessário, o que incentiva a realização de pesquisas com materiais alternativos à adubação mineral extraída quimicamente. Além disso, segundo DAVIDE, JOSÉ e PINTO (2002), em virtude da própria natureza dessa adubação, existe um risco potencial ao ambiente, o qual pode tornar-se preocupante quando a adubação é realizada sem critérios adequados.

Há também uma grande lacuna sobre a necessidade da aplicação de micronutrientes às mudas que, apesar de inúmeros trabalhos desenvolvidos com esses elementos no Brasil, muitas dúvidas ainda surgem a respeito do efeito das fontes desses nutrientes, bem como das doses ideais (MALAVOLTA; BOARETTO; PAULINO, 1991).

Na tentativa de achar um fertilizante que contenha tanto macro como micronutrientes, e principalmente que seja de baixo custo, muitos materiais tem sido testados. Dentre essas alternativas está a pedra basalto que, além dessas características citadas, ainda contribui para o aumento do pH do substrato.

Muitos anos são necessários para a natureza fragmentar as pedras, para então, em contato com a água, ácidos e calor, ocorrer a mineralização, disponibilizando os minerais para as plantas. Os organismos do solo também desempenham papel importantíssimo na intemperização físico-química das rochas, sendo os fungos e bactérias os principais responsáveis por se desenvolverem nesse meio e liberar nutrientes dos minerais do solo (COUTINHO, 1999). Citam-se como materiais ricos em microorganismos o húmus de minhoca e o esterco curtido, matérias que também são fornecedores de nutrientes e potenciais armazenadores de umidade.

Dentre os fatores que influenciam diretamente a produção de mudas, também está o substrato utilizado. Esse pode ser constituído por diferentes materiais, o que por consequência lhe confere distintas características físicas e químicas, tais como disponibilidade de água, oxigênio e nutrientes. Entre os materiais que podem ser utilizados na produção de mudas está a casca de *Pinus* sp misturada com vermiculita e a fibra de coco.

Supõe-se neste trabalho que, ofertando ao substrato a rocha basáltica, rica em nutrientes, na forma de pó, a superfície de contato com os agentes citados será aumentada, o que irá acelerar a disponibilização dos nutrientes da rocha, funcionando como um fertilizante do solo.

Desse modo, a hipótese principal deste trabalho sustenta que o pó de basalto pode proporcionar um crescimento equivalente à adubação convencional utilizada em viveiros, na produção de mudas de *Mimosa scabrella* e *Prunus sellowii*, em tubetes médios (100 cm<sup>3</sup>). A composição do substrato e a amplitude de comparação é que irá determinar a eficácia do pó de basalto.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PESQUISA COM ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS

O aumento dos problemas ambientais devido à grande exploração de florestas nativas realizada em amplas áreas do País, seja para formação de pasto, agricultura, serraria, energia, projetos imobiliários ou para mineração, gera a crescente necessidade de recuperação de áreas e ecossistemas degradados.

Muitos fatores envolvem um programa de revegetação, e dentre os mais importantes é a produção de mudas de espécies nativas. No entanto, apesar dos esforços e dos conhecimentos já acumulados sobre essas espécies, muitos questionamentos ainda existem e pouco se sabe sobre eles.

Outro aspecto que abrange as áreas e ecossistemas degradados é o rápido declínio da fertilidade do solo, com deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas (BROWN; LUGO, 1994). Assim, faz-se necessário produzir mudas saudáveis e já supridas de uma boa rizosfera, para que estas suportem o início de seu desenvolvimento em solos muitas vezes de baixa fertilidade e baixo potencial de inóculo de microrganismos benéficos para as plantas, como as micorrizas.

Nesta crescente preocupação ambiental, a sociedade em geral também se preocupa com os insumos utilizados na produção vegetal, inclusive considerando o valor nutritivo e a segurança quando se tratando de produtos alimentícios, havendo uma maior fiscalização social para que haja menos agressões ao ambiente.

#### 2.1.1 A bracatinga

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), da família Mimosaceae, é uma espécie arbórea, altamente resistente ao frio, muito comum na vegetação secundária, principalmente em capoeira e capoeirões (MEDEIROS, 1997).

A área de distribuição natural da bracatinga está localizada entre as latitudes 23°50'S a 29°40'S e longitudes 48°30'W a 53°50'W, com ocorrência em 195 municípios nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No Paraná é encontrada em 25% do território, preferindo altitudes de 500 a 1500 m, estando pouco presente nas faixas litorâneas. Está representada pelos tipos climáticos Cfb e Cfa, predominando o Cfb (EMBRAPA, 1988).

Sendo pioneira e heliófita, a bracatinga é considerada uma das espécies de crescimento inicial mais rápido no sul do Brasil. Árvore perenifólia, com tronco reto e cilíndrico, pode atingir 20 metros de altura e 50 cm de diâmetro de colo, conforme MEDEIROS (1997) e 15 m de altura e 40 cm de diâmetro de colo, segundo LORENZI (1998). De acordo com CARVALHO (1994), alguns povoamentos implantados por mudas têm alcançado produtividade de até 36 m<sup>3</sup>/ha.ano ou 55 m<sup>3</sup> st/ha.ano com casca, sob regeneração.

A madeira da bracatinga é usada tradicionalmente como lenha e carvão em fornos caseiros rurais, em indústrias e no aquecimento de residências urbanas. Além disso, é utilizada como varas em olericultura, estacas em construções civis, madeira para pequenas construções rurais, laminados, tabuados e outros usos (MAZUCHOWSKI, 1990).

Ao seu reconhecido potencial energético alia-se o potencial silvicultural, por ser uma espécie rústica, de rápido crescimento, e que frutifica regularmente e em abundância, o que favorece a produção de mudas (ROTTA; OLIVEIRA, 1981).

A bracatinga também é uma importante espécie melífera, fornecedora de néctar e pólen no inverno, fonte também de pseudonéctar, cuja produção e consumo envolvem várias espécies de insetos. As folhas forrageiras podem servir de alimento para bovinos, principalmente nos períodos frios que são épocas de escassez de pastos (CARPANEZZI et al., 1990).

A espécie ocorre, espontaneamente, tanto em terrenos rasos como profundos e de fertilidade química variável, na maioria das vezes solos pobres e ácidos, com pH variando entre 3,5 e 5,5. Toleram terrenos pedregosos e terraplanados, e não se desenvolvem muito bem em solos mal drenados, como os orgânicos. Em plantios, seu crescimento responde à profundidade efetiva e à riqueza química dos solos, particularmente à adição de fósforo (CARPANEZZI; CARPANEZZI, 1992).

Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, estas protegidas por dormência. Segundo MEDEIROS (1997), esta dormência pode ser quebrada utilizando o método da imersão em água quente a 80°C, numa proporção de um volume de sementes para três de água, permanecendo as sementes nesta água, em temperatura ambiente, por 18 horas.

Após a quebra de dormência faz-se a semeadura em sementeiras ou direto nos recipientes. Com germinação epígea e bastante homogênea, o poder germinativo das sementes de bracatinga é alto, chegando a 80% segundo EMBRAPA (1998) e 90% de acordo com CARVALHO (2002), o qual ainda afirma que as mudas necessitam de três meses para ficarem prontas para o plantio.

De acordo com CARPANEZZI e CARPANEZZI (1992), mudas de bracatinga produzidas em tubetes constituem a principal opção para substituir a semeadura direta, principalmente em terrenos íngremes.

Sendo uma leguminosa, a bracatinga associa-se com Rizobium, o que a torna uma grande fixadora de nitrogênio. Também faz simbiose com micorrizas arbusculares, responsáveis pela absorção de nutrientes, especialmente o fósforo. De acordo com MASCHIO et al. (1992), o reflorestamento com bracatinga é eficiente para a recuperação do solo por microorganismos, e conseqüentemente, facilita o desenvolvimento da vegetação nativa.

Essa espécie é empregada há anos por grandes empresas na revegetação de terrenos profundamente alterados, principalmente em regiões frias, sendo considerada uma espécie facilitadora, com efeitos comprovadamente benéficos sobre o solo. Segundo CARPANEZZI, IVANCHECHEN e LISBÃO JUNIOR (1984), ela chega a depositar até 8.490 kg de matéria orgânica seca, 253 kg de nitrogênio e 15 kg/ha.ano de potássio. MARCHIORI (1997) complementa que esta incorporação de elevados teores de nitrogênio contribui para a utilização desta planta em recuperação de áreas degradadas.

DAVIDE e FARIA (1994), pesquisando a recomposição de matas ciliares pelo uso de espécies pioneiras, secundárias e clímax, encontraram na bracatinga a segunda melhor resposta às características analisadas de altura, diâmetro de colo e área de copa.

Em experimento instalado pela Fundação do Meio Ambiente em 1982 no município de Siderópolis - SC, visando a recuperação ambiental de uma região carbonífera, foram plantadas 12 espécies arbóreas e arbustivas, tanto nativas como exóticas, em blocos experimentais. Neste experimento, o pesquisador relatou que a única espécie nativa que sobreviveu foi *Mimosa scabrella*, a qual alcançou o maior desenvolvimento possível na área. Durante o seu desenvolvimento, proveu o substrato de serapilheira e sementes necessárias a sua manutenção na área, além de ter favorecido o início da sucessão ecológica secundária com espécies da Floresta Ombrófila Densa (CITADINI-ZANETTE, 1999).

### 2.1.2 O pessegueiro-bravo

O pessegueiro-bravo (*Prunus sellowii* Koehne), espécie da Família das Rosaceae, é uma árvore perenifólia que pode atingir de 5 a 15 m de altura e 20 a 50 cm de diâmetro de colo, podendo alcançar 25 m de altura e 80 cm de diâmetro de colo na idade adulta, com tronco cilíndrico e normalmente reto. É uma espécie secundária inicial, que se destaca pela sua ampla dispersão geográfica, sendo encontrada desde a Bahia até o Rio Grande do Sul (CARVALHO, 1994).

Segundo o mesmo autor, esta espécie possui crescimento relativamente rápido, abundante frutificação e facilidade de coleta e boa germinação de suas sementes. Tolerante a temperaturas baixas, suporta sombreamento de intensidade leve na fase juvenil e pode ser plantada em pleno sol. No Paraná, a floração desta espécie ocorre de novembro à março, e os frutos amadurecem de março à julho. Seus frutos são muito apreciados pelos sabiás e outros pássaros, os quais realizam a dispersão das sementes.

A semeadura pode ser feita logo após a colheita dos frutos em recipientes individuais mantidos na sombra, com a emergência ocorrendo entre 15 e 75 dias (BACKES; IRGANG, 2002). De acordo com CARVALHO (1994), o poder germinativo das sementes é alto, com média de 80%. Não apresentam dormência, mas podem ter a germinação acelerada com a imersão em água fria por 24 a 48 horas para embebição, e assim haver uma germinação mais homogênea.

Relativo à produção de mudas, o mesmo autor recomenda o uso de sacos de polietileno de 14 cm de altura e 6 cm de diâmetro de colo ou tubetes de polipropileno de tamanho médio (100 cm<sup>3</sup>). Também se faz necessária a inoculação com solo coletado sob pessegueiros adultos, uma vez que as raízes dessa espécie apresentam associação com fungos micorrízicos arbusculares. As mudas atingem porte adequado para plantio cerca de quatro meses após a sementeira.

Ainda segundo CARVALHO (1994), *Prunus sellowii* não tolera solo raso, pedregoso, hidromórfico ou de fertilidade química baixa. Em plantios experimentais, tem crescido melhor em solos com propriedades físicas adequadas, bem drenados e com textura que varia de franca à argilosa e de fertilidade química alta.

Em ensaios de comparação de espécies realizado por CARVALHO (1982), o pessegueiro-bravo apresentou o segundo melhor crescimento em altura, entre onze espécies nativas estudadas, aos sete anos de idade. Foi, porém, a nona espécie em porcentagem de sobrevivência, com apenas 37,5% de plantas vivas ao final daquele período.

BACKES e IRGANG (2002) recomendam a espécie para plantios em ecossistemas degradados, exceto em ambientes urbanos ou em áreas que ocorram herbívoros de grande porte, pois trata-se de uma espécie muito venenosa devido aos seus teores de glicosídeos cianogênicos. Os autores também indicam o seu emprego na construção civil, marcenaria, carpintaria e lenha, principalmente pela alta densidade de sua madeira rosada-amarelada (até 920 kg/m<sup>3</sup>).

## 2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS EM VIVEIRO

### 2.2.1 Qualidade na produção de mudas florestais

A boa qualidade da muda dependerá primeiramente da aquisição das sementes. WENDLING, FERRARI e GROSSI (2002) recomendam que as sementes sejam adquiridas de produtores credenciados junto aos órgãos governamentais competentes, para se obter a garantia da qualidade das mesmas. No entanto, para muitas espécies há dificuldade de se obter sementes no mercado, então deve-se

proceder a coleta selecionando-se várias plantas de acordo com a característica desejada (maior produção de sementes, flores, frutos, crescimento, etc). Após a colheita das sementes deve ser observado se estas podem ser armazenadas por longos períodos (sementes ortodoxas), ou devem ser semeadas logo após a coleta (sementes recalcitrantes), e ainda, se as mesmas possuem dormência.

O desenvolvimento das plantas depende da adequada conversão de substâncias inorgânicas, como água, CO<sub>2</sub> e minerais, em quantidades crescentes de proteínas e carboidratos (FELIPPE, 1986). Portanto, o crescimento da planta ocorre pelo acúmulo dessas substâncias nos vegetais. Assim, a avaliação da quantidade de matéria orgânica produzida pelas mudas, bem como a maneira como ela está distribuída nos órgãos das plantas, torna-se de extrema importância na avaliação da sua qualidade (MAGALHÃES, 1985).

No viveiro, várias práticas podem alterar as características morfofisiológicas das plantas e através delas torna-se possível fazer a seleção dos indivíduos mais vigorosos. Dentre estas técnicas, GOMES (2001) cita a escolha dos recipientes, dos substratos, da fertilização, das técnicas de produção e manejo e do tempo gasto no viveiro.

De acordo com Wakeley (1954)<sup>1</sup> citado por NOVAES et al. (2002), os parâmetros em que os pesquisadores fundamentam-se para conceituar qualidade de mudas são de duas naturezas: os que se baseiam nos aspectos das formas e estruturas externas das mudas, denominados parâmetros morfológicos, e os que tem como fundamento os aspectos internos das mesmas, os parâmetros fisiológicos.

Dentre as várias medições possíveis de se realizar em um estudo morfológico, podem se citar: altura, diâmetro de colo, biomassa seca da parte aérea, biomassa seca de raízes, biomassa seca total e os índices morfológicos, que compreendem a relação entre as medidas morfológicas (CARNEIRO, 1995). De acordo com FONSECA (2000), os parâmetros morfológicos e os índices resultantes das relações desses poderão ser utilizados isoladamente ou em conjunto para a classificação das mudas, segundo um padrão de qualidade estabelecido, desde que essas sejam produzidas em condições ambientais semelhantes.

---

<sup>1</sup> WAKELEY, P. C. **Planting the southern pines**. Washington: Agriculture Monograph, 1954. 233 p. (Monograph, 18).

A altura da parte aérea é um excelente parâmetro para avaliar o padrão da qualidade de mudas de espécies florestais. É de fácil determinação para qualquer espécie e em todo tipo de viveiro, além de sua medição não acarretar a destruição das mudas. No entanto, algumas práticas de viveiro, como o sombreamento, o tamanho das embalagens e as adubações excessivas ou desbalanceadas podem trazer resultados insatisfatórios a campo. E uma maior altura da planta implica numa maior área foliar disponível para a fotossíntese e transpiração, sendo uma vantagem em sítios onde a competição poderá ser um problema (GOMES, 2001).

O acompanhamento do crescimento da parte aérea da planta pode gerar curvas de crescimento em relação ao tempo, fornecendo um bom indicador de evolução da cultura com que se está trabalhando, principalmente quando as condições de manejo são bem caracterizadas (FONSECA, 2000).

O diâmetro, também chamado de diâmetro de colo, é comumente medido na cicatriz cotiledonar. É tido como uma característica morfológica que melhor se ajusta aos modelos de predição da sobrevivência das mudas no campo (MCTAQUE; TINUS, 1996). De acordo com CARNEIRO (1995), as mudas devem apresentar diâmetro de colo maior para um melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea. DURYEA (1984), afirma que mudas com maior diâmetro de colo possuem maior quantidade de raízes primárias laterais, muito importantes para aumentar a sobrevivência das mudas após o plantio, principalmente quando as condições ambientais são adversas.

No que se refere ao peso como parâmetro de qualidade, há que se considerar a biomassa seca da parte aérea, a biomassa seca de raízes e a biomassa seca total (CARNEIRO, 1995). THOMPSON (1985), relaciona esses parâmetros tanto à sobrevivência quanto ao crescimento inicial das mudas após o plantio.

A biomassa seca da parte aérea está relacionada com a qualidade e quantidade de folhas. Esta característica é muito importante porque as folhas constituem uma das principais fontes de fotoassimilados (açúcares, aminoácidos, hormônios, etc) e nutrientes para adaptação da muda pós-plantio, a qual necessitará de boa reserva de fotoassimilados, que servirão de suprimento de água e nutrientes para as raízes no primeiro mês de plantio (BELLOTE; SILVA, 2000).

A biomassa seca das raízes relaciona-se com o sistema radicular, o qual deverá ser bem desenvolvido. De acordo com GONÇALVES et al. (2000), mudas com sistema radicular reduzido são estressadas hidricamente porque não absorvem água suficiente pelas raízes para balancear as perdas pela transpiração. Dessa forma, a utilização de mudas com um sistema radicular bem desenvolvido, tem resultado em um maior ganho em crescimento após o plantio. Também é importante que haja raízes finas novas, as quais assegurarão pronto crescimento radicular no campo, agilizando a adaptação da muda ao ambiente. Quanto a isso, PRIMAVESI (1990) aponta que quanto mais raízes secundárias uma raiz possuir, tanto melhor será a exploração do solo.

Entre os índices morfológicos mais utilizados, pode-se citar a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (H/DC), relação biomassa seca da parte aérea/biomassa seca de raízes (BSPA/BSR), relação altura da parte aérea/biomassa seca da parte aérea (H/BSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

A relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (H/DC), também denominada de quociente de robustez, é considerado um dos índices mais precisos, o qual informa o quanto delgada está a muda, revelando se há equilíbrio no crescimento (JOHNSON; CLINE, 1991). De acordo com CARNEIRO (1983), quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem na área do plantio definitivo.

No índice relação biomassa seca da parte aérea/biomassa seca de raízes (BSPA/BSR), também a altura da muda acabará afetando a relação. Brissette (1984)<sup>2</sup> citado por CALDEIRA, SCHUMACHER e TEDESCO (2000) relata que num encontro de pesquisadores ficou estabelecido como sendo 2,0 a melhor relação entre a biomassa seca da parte aérea e a sua respectiva biomassa seca das raízes, sendo segundo PARVIAINEN (1981), um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas.

---

<sup>2</sup> BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. Separata de: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, (1984.: Alexandria, LA). **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1984. p. 127-128.

A relação altura da parte aérea/biomassa seca da parte aérea (H/BSPA) é comumente utilizada para avaliar o padrão de qualidade de mudas. Pode ser de grande valia se utilizado, principalmente, para predizer o potencial de sobrevivência da muda no campo. Para esta relação, quanto menor for o índice, mais lignificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo (GOMES; PAIVA, 2004).

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é obtido através de uma fórmula balanceada onde inclui as relações dos parâmetros morfológicos, como a biomassa seca total, a biomassa seca da parte aérea, a biomassa seca das raízes, a altura da parte aérea e o diâmetro de colo. O IQD é importante e considerado como promissora medida morfológica ponderada (GOMES; PAIVA, 2004), podendo ser bom indicador da qualidade das mudas, pois considera para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, com ajuste de vários parâmetros considerados importantes (FONSECA, 2000).

Dentre os parâmetros fisiológicos, a análise nutricional das folhas oferece uma avaliação do estado nutricional das mudas no viveiro. O conhecimento da relação entre a concentração do nutriente e o crescimento da planta num período oferece suporte para determinar os níveis críticos para cada espécie. De acordo com BELLOTE e SILVA (2000), as alterações na nutrição das plantas são, de certa forma, refletidas nas concentrações de nutrientes das folhas. A análise foliar como critério de diagnose se baseia na premissa de existir uma relação significativa entre a oferta de nutrientes às plantas e os níveis desses nas folhas. Aumentos ou decréscimos nas concentrações se relacionam com produtividade maior ou menor, respectivamente.

### 2.2.2 Substrato

KAMPF (2000) afirma que nas técnicas empregadas no manejo de um viveiro, a adequada seleção do substrato é de fundamental importância no crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que se trabalha com recipientes de volume restrito, o que diminui a drenagem e a superfície de contato com a atmosfera, essencial para as trocas gasosas.

Entende-se como substrato a matéria-prima ou mistura de matérias-primas (terra, matéria orgânica e outros componentes) que irão exercer a função do solo quando usadas para o enraizamento de estacas e cultivo de plantas (GONÇALVES et al., 2000), servindo de suporte para as mesmas, e ainda podendo regular o fornecimento de nutrientes (BATAGLIA; FURLANI, 2004).

Segundo SPURR e BARNES (1982), o substrato pode exercer uma influência significativa na arquitetura do sistema radicial, no estado nutricional das plantas, assim como na translocação de água no sistema solo-planta-atmosfera. Isso porque a raiz é a conexão entre o substrato e a parte aérea, cujo desenvolvimento será reflexo das propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato, desde que, como observa PRICHETT (1986), as condições de umidade, temperatura, luz e vento não sejam limitantes ao desenvolvimento da parte aérea.

De acordo com STURION e ANTUNES (2000), o substrato, além de propiciar boas condições para o desenvolvimento das mudas, deve apresentar uma estrutura que não dificulte a sua retirada e não se destorroe por ocasião do plantio das mudas. KAMPF (2000) também comenta sobre a importância do substrato ter alta estabilidade de estrutura, a fim de se evitar a compactação, além de possuir alto teor de fibras resistentes à decomposição, para evitar a compostagem na embalagem.

Para escolha do substrato destinado à produção de mudas, deve-se levar em conta certos fatores como os de ordem econômica, química e física do material. Os de ordem econômica podem ser reunidos em termos de custo, disponibilidade, qualidade e facilidade de manuseio. Quanto às características químicas dos substratos, destacam-se o pH, a capacidade de troca de cátions e a relação carbono/nitrogênio, os quais irão interferir na fertilidade do substrato. Já os fatores de ordem física referem-se às características desejáveis do próprio material, como por exemplo, a densidade e a porosidade, que interferem na aeração, capacidade de retenção de umidade e agregação do substrato (WENDLING; GATTO, 2002).

Em relação às características químicas, será dado especial destaque ao pH, o qual indica o grau de acidez. Seu conhecimento é de extrema importância para determinar a disponibilidade dos nutrientes contidos no solo/substrato ou a ele adicionados e também assimilação dos nutrientes pelas plantas (ALCARDE; VALE, 2003).

De acordo com SANTOS et al. (2000), as condições de acidez excessivas do substrato são um dos problemas mais comuns na produção de mudas. Segundo WENDLING e GATTO (2002) o valor adequado de pH para substrato está na faixa de 5,5 a 6,5. Em substratos com pH abaixo de 5 podem aparecer sintomas de deficiência de N, K, Ca, Mg e B, enquanto problemas com disponibilidade de P e micronutrientes (Fe, Mn, Zn e Cu) são esperados em pH superiores a 6,5.

MARTINEZ (2004) também aponta para o fato da acidez poder atuar em injúrias nas raízes. Em pH inferior a 4, a elevada concentração hidrogeniônica afeta a integridade e a permeabilidade das membranas. Desse modo, pode haver perda de nutrientes já absorvidos, com retardo do crescimento das raízes e aumento da exigência em cálcio para um crescimento satisfatório. Já em pH elevado, as membranas celulares dos ápices das raízes são afetadas, as quais perdem a estabilidade, o que prejudica os processos de absorção seletiva dos íons. Também produz problemas relacionados à insolubilização e precipitação de certos íons, afetando a sua disponibilidade. Nesse caso, o cálcio também exerce efeito protetor e é exigido em maiores concentrações (BALLARIN, 2004).

De acordo com SANTOS et al. (2000), outro problema relacionado ao pH é que esse pode produzir condições bióticas desfavoráveis à fixação do nitrogênio e à atividade de micorrizas e aumentar a disposição à infecção por alguns patógenos.

Relativo ainda às características químicas dos substratos, cita-se a capacidade de troca de cátions (CTC), ou seja, a propriedade de suas partículas sólidas de absorver e trocar cátions. A CTC de um substrato, segundo KAMPF (2000), deve ser alta, e é afetada pelo tamanho das partículas do substrato, pois quanto menor a partícula, maior será a superfície de contato, conseqüentemente com maior pontos de troca. Assim, matéria orgânica humificada apresenta alta CTC, enquanto materiais fibrosos, menor CTC, pois apresentam menor área superficial.

Referente a relação carbono/nitrogênio (C/N), deve-se ter cuidado com substrato orgânicos, pois caso o mesmo possua baixa concentração de N, irá ocorrer uma competição entre as mudas e os microrganismos que necessitam de N para o seu metabolismo. Em materiais orgânicos não decompostos, por exemplo, por apresentarem alta taxa de C, a relação C/N é elevada, propiciando uma mobilização do

N pelos microrganismos, causando deficiência desse elemento para as mudas (CARNEIRO, 1995).

Para as propriedades físicas dos substratos é importante o conhecimento da densidade, que é a relação entre a massa e o volume de substrato, expressa em  $\text{kg/m}^3$ , que equivale a g/l. Quanto mais alta a densidade, mais difícil o cultivo no recipiente, ou por limitações no crescimento das plantas, ou pela dificuldade no transporte dos vasos ou bandejas. Para substratos, além da densidade real ou de partículas, é interessante conhecer a densidade aparente, que corresponde ao peso seco do substrato por unidade de volume desse substrato, expresso em  $\text{g/cm}^3$  (CARNEIRO, 1995).

Já a porosidade está diretamente relacionada com a disponibilidade de água e ar no substrato. Esse deve ser suficientemente poroso, a fim de permitir trocas gasosas eficientes, evitando falta de ar para a respiração das raízes e para a atividade dos microrganismos no meio. Os poros podem ser classificados como microporos e macroporos onde, em condições de saturação hídrica, os macroporos são preenchidos com ar e os microporos com água (KAMPF, 2000). Segundo CARNEIRO (1995), substratos porosos, apesar de apresentarem baixa porosidade total, têm uma rápida movimentação de água e ar, devido à predominância de macroporos. Já num substrato de textura fina existe grande quantidade de microporos, tornando a movimentação gasosa lenta e a de água restrita ao movimento capilar.

Os substratos atuais são, na sua grande maioria, misturas de dois ou mais materiais. Essas misturas produzem um novo componente, no qual as propriedades físicas e químicas se combinam, gerando novas propriedades que são distintas de seus componentes quando isolados (TAVEIRA, 1996).

Segundo GONÇALVES e POGGIANI (1996), o substrato básico usado para produção de mudas em tubetes é o orgânico, geralmente formado por componentes de microporosidade acima de 50% em base volumétrica (húmus de minhoca, esterco curtido, casca de *Pinus* ou eucalipto decomposta), misturados com componentes de macroporosidade entre 25 e 50% (casca de arroz carbonizada, vermiculita fina e cinza da caldeira de biomassa). Esses últimos são considerados de melhoradores. A fibra de coco também vem tomando grande espaço e preferência de uso de alguns agricultores, de acordo com BATAGLIA e FURLANI (2004).

No mercado já há vários produtos comerciais oriundos de misturas, sendo mais utilizados para produção de mudas florestais os substratos comerciais à base de casca de *Pinus* decomposta e vermiculita fina (CARNEIRO, 1995).

O tipo de material e a proporção de cada um na composição do substrato variam de acordo com a disponibilidade local, custo e tipo de muda a ser produzida (WENDLING; FERRARI; GROSSI, 2002). O estudo do arranjo percentual desses componentes é importante, já que eles poderão ser fonte de nutrientes e atuarão diretamente sobre o sistema. Portanto, em função do arranjo quantitativo e qualitativo dos materiais minerais e orgânicos empregados, as mudas serão afetadas quanto ao suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio (ROSA JUNIOR et al., 1998).

#### 2.2.2.1 Casca de *Pinus* sp

RIVADENEIRA (1995) afirma que a utilização de casca de *Pinus* sp como substrato na produção de mudas é muito importante para o meio ambiente.

Para a obtenção do substrato, faz-se a compostagem do material à 70°C, o que irá produzir uma pasteurização da matéria orgânica, eliminando patógenos potencialmente causadores de doenças, além de sementes de ervas daninhas. O tamanho das partículas, a quantidade de nitrogênio incorporado, manejo da aeração e umidade das pilhas são fatores fundamentais.

De acordo com CARNEIRO (1995), a casca de *Pinus* bioesterilizada, com granulometria inferior a 5mm, misturada com vermiculita na proporção 4:1, constitui um bom substrato para a produção de mudas de *Pinus* sp e de *Eucalyptus* sp.

Relativo a utilização de substratos à base de casca de *Pinus* sp misturados com vermiculita, são citadas algumas vantagens: isentos de patógenos, ervas daninhas e impurezas em geral, conduzem a um maior rendimento de mudas por kg de substrato, proporcionam excelente germinação e produção final de mudas, assim como um crescimento vigoroso e uniforme com melhor desenvolvimento do sistema radicial (MEC PREC, 2004).

#### 2.2.2.2 Vermiculita

A vermiculita é um elemento de origem mineral, praticamente inerte, livre de microorganismos patogênicos, de estrutura variável, muito leve, constituído de lâminas ou camadas justapostas que se expandem quando submetidas a determinadas temperaturas. Depois de expandida, a vermiculita apresenta grande aumento na sua capacidade de aeração, alta capacidade de troca catiônica e retenção de água. Quando usada pura ou em grande concentração, há dificuldade dessa em promover a agregação do sistema radicial da muda ao substrato, resultando na quebra do torrão quando a muda for transportada e pela retirada da embalagem (WENDLING; GATTO, 2002).

NEVES, GOMES e NOVAIS (1990) alertam para algumas características químicas da vermiculita, como o excesso de magnésio em relação a cálcio, excesso de potássio e, principalmente, à grande carência de micronutrientes. Visando melhorar essas características químicas da vermiculita, a mesma tem sido freqüentemente empregada em misturas com terra, casca de *Pinus* sp, turfa, moinha de carvão e outros materiais.

#### 2.2.2.3 Fibra de coco

Com a restrição da utilização do xaxim e da turfa, uma alternativa de substrato tem sido a fibra de coco, ainda pouco utilizada na área florestal devido ao seu custo elevado. Esse substrato origina-se de desfibramento industrial do mesocarpo das cascas de coco, o que constitui um material de estrutura granular, intercalado por fibrilas, de altíssima porosidade total (94-96%) e elevada capacidade de aeração (20-30%). Essa elevada porosidade total permite que a fibra de coco alie uma ótima aeração a uma boa capacidade de retenção de água. Apresenta ainda alta estabilidade física, pois se decompõe muito lentamente e ainda não repele a água entre uma irrigação e outra, o que traz grandes vantagens no manejo da irrigação para o viveirista (MALVESTITI, 2003).

O autor ainda recomenda que, por não ser um material fossilizado nem compostado, a fibra de coco tem uma maior demanda de nitrogênio, a qual deve ser compensada com adubação. Também há uma tendência à fixação de cálcio e magnésio e liberação de potássio no meio.

#### 2.2.2.4 Húmus de minhoca

De acordo com KHATOUNAIN (2001), nos últimos anos a produção e a utilização do húmus de minhoca tem se popularizado. As minhocas são criadas em canteiros sobre compostos previamente preparados, alimentando-se dele e ali deixando seus coprólitos, nome dado às excretas das minhocas. Com o tempo, os compostos que servem de alimento às minhocas vão se exaurindo, e elas saem do canteiro à procura de novos substratos. Explica o autor que o material desses canteiros é então peneirado para separação das minhocas remanescentes, e o produto que fica é o húmus de minhoca, mistura de composto e coprólitos, chamado de vermicomposto.

Segundo o mesmo autor, o húmus de minhoca é um material de rápida liberação de nutrientes, proporcionando ao solo/substrato uma boa capacidade de troca catiônica e uma saturação suficiente dessa capacidade com nutrientes. No entanto, seu elevado preço atual limita sua utilização.

Conforme GONCALVES e POGGIANI (1996), o vermicomposto usado como substrato apresenta várias vantagens tais como: boa consistência dentro dos recipientes, média a alta porosidade e drenagem, alta capacidade de retenção de água e nutrientes, elevada fertilidade e boa formação do sistema radicial. Também favorece o equilíbrio de pH e propicia o controle biológico de patógenos e doenças.

LONGO (1987) enfatiza ainda que o húmus produzido pelas minhocas possui muitas bactérias e microrganismos, os quais irão facilitar a assimilação dos nutrientes pelas raízes. Apresenta ainda a vantagem de ser neutro, uma vez que as minhocas possuem glândulas calcíferas que transformam o húmus e a matéria orgânica utilizada em material neutro, facilitando a correção do solo.

#### 2.2.2.5 Esterco

De acordo com WENDLING e GATTO (2002), a utilização de esterco bem curtido contribui muito para a melhoria das qualidades do substrato, pois aumenta a capacidade de retenção de água, a porosidade e agregação do substrato, além de fornecer nutrientes essenciais às mudas. Assim, o esterco curtido pode ser uma alternativa viável para misturas com outros substratos.

Segundo KIEHL (1995), a composição dos estercos é variável, sendo influenciada por vários fatores como a espécie animal, a raça, a idade, a alimentação, o material utilizado como cama, o tratamento dado à matéria prima esterco, além de outros. O grau de decomposição em que se encontra o esterco e sua riqueza em diversos elementos minerais essenciais à vida da planta definem o seu valor como fertilizante. A riqueza em nutrientes depende, essencialmente, da composição primitiva dos restos orgânicos que deram origem ao respectivo esterco, dos cuidados com o manejo durante o seu curtimento e da sua aplicação às culturas beneficiadas (GOMES; SILVA, 2004).

Os estercos resultam da passagem do alimento pelo trato digestivo dos animais. Assim, sua dinâmica química e biológica é função da natureza do material ingerido, do que o animal digere e do fracionamento mecânico e químico que o animal opera (KHATOUNAIN, 2001).

O autor explica que herbívoros não ruminantes, como eqüinos, apresentam digestão semelhante aos herbívoros ruminantes, como o boi. A diferença principal é a posição da câmara fermentativa, que se coloca na porção final dos intestinos, de modo que o alimento primeiro sofre digestão química pelo animal e depois digestão microbiana. Esse tipo de digestão propicia uma melhor utilização do conteúdo celular dos tecidos ingeridos diretamente pelo animal, mas não permitem aproveitamento das proteínas microbianas formadas durante o ataque as paredes celulósicas. Contudo, apesar destas diferenças, as fezes e a urina dos herbívoros não ruminantes apresentam composição química e passam por ataque biológico muito semelhante aos dos ruminantes.

KHATOUNAIN (2001) ainda compara as fezes dos eqüinos com as camadas mais baixas da serapilheira, sofrendo decomposição semelhante. Isso porque, no tubo digestivo desses animais, os compostos de fácil digestão são quase que totalmente assimilados, e a celulose é digerida em parte, predominando nas fezes as estruturas de celulose mais resistentes, ou aquelas que por alguma razão não foram digeridas.

Em solos, independentemente 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).

RIBEIRO, GUIMARÃES e ALVAREZ (1999) recomendam a utilização de 10 a 20 t/ha de esterco de curral, quantidade essa que dependerá da disponibilidade e da dificuldade de seu manejo.

### 2.2.3 Micorrização e rizóbios

A maioria das espécies lenhosas forma algum tipo de associação, seja com fungos e/ou com bactérias. Para o meio florestal, as simbioses que apresentam maior interesse são as micorrizas vesículos-arbusculares e a simbiose com bactérias rizóbio, nas leguminosas.

Sobre essas micorrizas citadas, consta-se que elas estão presentes em 97% das fanerógamas, consistindo numa associação simbiótica mutualística especializada, envolvendo fungos e raízes das plantas (GOMES; PAIVA, 2004).

Os mesmos autores citam que, dentre os efeitos benéficos das micorrizas, está a maior absorção de água e nutrientes do solo; o armazenamento temporário de nutrientes; o desenvolvimento de microorganismos mineralizadores e solubilizadores de nutrientes na rizosfera; faz uma ação protetora das raízes contra patógenos; e permite uma maior tolerância às condições adversas, tanto físicas como químicas.

GONÇALVES et al. (2000) lembram que em nível de viveiro, ainda não há informações suficientes para fazer recomendações consistentes de inoculação de micorrizas para produção de mudas de espécies nativas. Isso se deve a menor probabilidade de infecções e as micorrizas serem menos efetivas por causa da boa

fertilidade de vários substratos e/ou aplicação de fertilizantes minerais. No entanto, os autores apontam para a importância das mesmas, mesmo que não haja benefícios durante a formação das mudas, mas é possível que mudas micorrizadas sejam beneficiadas após o plantio, com maiores índices de sobrevivência e crescimento, proporcionados por uma melhor adaptação a estresses ambientais.

Alguns fatores prejudicam a micorrização, como a elevada fertilidade, principalmente com nitrogênio e fósforo; pH alto; e características físicas do solo, como alta umidade, baixa aeração e compactação (GOMES; PAIVA, 2004).

Sobre as bactérias, sabe-se que a maioria das leguminosas fazem uma simbiose conhecida por "rizóbio". Trata-se de bactérias que formam estruturas denominadas nódulos nas raízes e são importantes dos pontos de vista econômico e ecológico, pois podem dispensar total ou parcialmente os fertilizantes nitrogenados, contribuindo assim para viabilizar reflorestamentos e minimizar possíveis impactos ambientais decorrentes da utilização desses insumos (BARBERI et al., 1998).

De acordo com FURTINI NETO et al. (2000), os fatores ambientais que afetam a abundância e distribuição dos nódulos incluem a disponibilidade de fontes de carbono e energia, a presença de N fixado, pH, umidade e nutrientes. As associações leguminosas-rizóbio desenvolvem-se melhor em solos que não são ácidos em demasia e que possuem bom suprimento de fósforo, potássio e enxofre (BRADY, 1989).

JANOS (1980), relata que muitas das plantas estudadas para programas de reabilitação de ecossistemas ou áreas degradadas possuem elevadas dependências de fungos micorrízicos arbusculares. A inoculação desses fungos, juntamente com o rizóbio para as espécies dependentes, pode contribuir no aumento da qualidade das mudas, pois esses simbioses promovem maior tolerância a estresses diversos e favorecem a absorção de fósforo e, no caso das leguminosas, a fixação biológica do N<sub>2</sub> atmosférico (Barea; Azcón-Aguilar, 1983<sup>3</sup> citados por BALOTA et al., 1997).

---

<sup>3</sup> BAREA, J.M.; AZCON-AGUILAR, C. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing. **Advances in Agronomy**, New York, v.36, p.1-54, 1983.

## 2.2.4 Adubação

### 2.2.4.1 Importância dos nutrientes para as plantas

O desenvolvimento de uma planta se inicia com a fixação de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), que irá variar em função da quantidade e qualidade da radiação solar incidente, e indiretamente da área foliar disponível nas plantas. Os assimilados de carbono fixados pela fotossíntese servem de matéria-prima para a síntese da massa seca da planta, que se traduz em crescimento e produtividade. É nessa etapa que entram em cena os nutrientes minerais, que são necessários para transformar os assimilados de carbono em compostos funcionais ou em estruturais. Entende-se como compostos estruturais as enzimas, proteínas, ácidos nucleicos, transportadores energéticos, ácidos, éteres e outros compostos envolvidos na anatomia e funcionamento vegetal (ADRIOLO, 2004).

Com exceção dos elementos não minerais carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), os quais as plantas obtêm do ar e da água, os demais nutrientes são preferencialmente absorvidos pelas raízes. As plantas retiram os nutrientes do solo/substrato, os quais devem estar presentes de forma disponível e serem absorvidos em quantidades e proporções adequadas (WENDLING; GATTO, 2002).

De acordo com FAGERIA (2002), a eficiência na obtenção, transporte e utilização desses nutrientes do solo pelas plantas são controlados pela capacidade desse em suprir os nutrientes e a capacidade das plantas para absorver, utilizar e remover os nutrientes, assim como as condições climáticas. GONÇALVES et al. (2000), definem que a necessidade de adubação irá decorrer do fato de que nem sempre o solo ou substrato é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um adequado crescimento.

Vários autores utilizam o termo adubação como sinônimo de fertilização, visando ambos designar a adição de nutrientes ao solo/substrato. A legislação brasileira (Decreto 86.955/82), citada por LOPES (1999), considera o termo adubo e fertilizante como sinônimos, os quais servem para designar uma substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes às plantas. Adubo

ou fertilizante seriam então a matéria que se mistura ao solo/substrato para corrigir deficiências e aumentar a fertilidade. Esses podem ser orgânicos, compostos de restos de alimentos vegetais e esterco de animais; minerais, os quais adicionam materiais nutritivos, como potássio e cálcio. O adubo ou fertilizante mineral pode ainda ser chamado de químico quando o nutriente é obtido industrialmente por processos físicos e/ou químicos.

Para RODELLA e ALCARDE (2000), os fertilizantes minerais solúveis em água são mais eficientes que fertilizantes orgânicos tradicionais, como esterco. Mas há que se considerar a perda de eficiência da fertilização determinada pela lixiviação de nutrientes presentes em fontes solúveis.

Uma forma de determinar a melhor maneira de aplicar os fertilizantes ao solo/substrato, é o conhecimento da mobilidade de um nutriente. Assim, nutrientes que se movem rapidamente no substrato podem ser aplicados em cobertura em quantidades relativamente pequenas, já que no solo/substrato seriam rapidamente lixiviados, enquanto que os menos móveis precisam ser incorporados ao substrato. São considerados móveis os nutrientes N e K, pouco móveis o Ca, Mg e S e imóveis o P (WENDLING; GATTO, 2002).

Independente do tipo de adubação aplicada, deve ser observada a necessidade de equilíbrio entre os macro e micronutrientes, pois esses auxiliam os macronutrientes ao agirem como “ativadores” de enzimas, as quais são responsáveis pela maior eficiência do metabolismo. Esse processo ocorre porque há uma potencialização da absorção pelas raízes, com um consumo menor de água, diminuindo a intensidade com que as plantas sofrem com a seca. Também, plantas carentes de micronutrientes crescem menos, são mais fracas e mais susceptíveis às intempéries (PRIMAVESI, 1990).

Mesmo que muitos micronutrientes possam ser fornecidos às mudas em quantidades suficientes pela própria composição química dos substratos, água de irrigação, atmosfera e outras fontes naturais, suas carências podem ser observadas principalmente em substratos pobres em matéria orgânica (CARNEIRO, 1995).

Uma maneira de oferecer micronutrientes ao substrato é através das “fritas” (oxi-silicatos), que são produtos vítreos, cuja solubilidade é controlada pelo tamanho das partículas e por variações na composição da matriz. São obtidas pela fusão de silicatos ou fosfatos com uma ou mais fontes de micronutrientes, a aproximadamente 1000°C, seguida de resfriamento rápido com água, secagem e moagem (MORTVEDT, 1991). Por serem insolúveis em água, as “fritas” são mais eficientes quando aplicadas na forma de pó fino, para incorporação no solo/substrato. Existem disponíveis no mercado “fritas” com as mais variadas combinações de composição de micronutrientes (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

Na natureza, as fontes primárias de micronutrientes incluem as rochas ígneas básicas e ultrabásicas, as rochas sedimentares, entre elas as carbonatadas, e algumas metamórficas (GOMES et al., 2000).

Em regiões tropicais e subtropicais, os solos originados de rochas básicas, os micronutrientes encontram-se na fração argila a maghemita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). A questão da disponibilidade dos micronutrientes para as plantas está centrada no pH, onde a medida que esse aumenta, diminui a disponibilidade de boro, cobre, ferro, manganês e zinco, aumentando a disponibilidade de cloro e molibdênio (ROCHA; MALAVOLTA, 1988).

A seguir serão descritos os 13 elementos que, de acordo WENDLING e GATTO (2002), são considerados essenciais para as plantas e denominados de nutrientes. Em função da quantidade ao qual são absorvidos pelas plantas, eles podem ser classificados em macronutrientes, citando-se o N, P, K, Ca, Mg e S, e em micronutrientes, sendo eles o B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn.

#### a) Nitrogênio (N)

O nitrogênio é um elemento essencial à vida vegetal, o qual possui comportamento completamente diferente dos demais, sendo o mais caro e requerido em maiores quantidades para a maioria das espécies. Encontra-se nos solos predominantemente na forma orgânica, porém as formas disponíveis são as inorgânicas, principalmente os íons amônio e nitrato. Esse elemento não é encontrado nas rochas da crosta terrestre e sim, direta ou indiretamente, na atmosfera (GOMES; PAIVA, 2004).

De acordo com May (1984)<sup>4</sup> citado por CARNEIRO (1995), esse elemento é um importante componente da clorofila, enzimas, proteínas estruturais, ácidos nucléicos e outros compostos orgânicos. Um bom suprimento de N para as plantas, segundo Amberger (1979)<sup>5</sup> citado por SCHELLER (1998), promove um maior desenvolvimento das folhas, o período vegetativo se torna mais longo e o teor de clorofila nas folhas aumenta, assim como a assimilação e a troca de energia e substâncias dentro da rizosfera.

TAIZ e ZEIGER (2004) enfatizam que o N é o nutriente que mais altera a composição química da planta. Sob alta disponibilidade de N, os teores de proteínas e aminoácidos solúveis na folha aumentam e o teor de açúcares diminui, além de retardar a maturação dos tecidos e diminuir sua lignificação. No entanto, a adubação nitrogenada em excesso pode provocar carência de cobre, ferro, manganês e zinco (GOMES et al., 2000).

Em aplicação em substratos, GOMES e PAIVA (2004) afirmam que, de maneira geral, há aumentos significativos no crescimento em altura nas mudas de espécies florestais. Essa fertilização, preferencialmente, deve ser parcelada para evitar a lixiviação excessiva e ter um certo controle sobre a velocidade de crescimento e a rustificação das mudas. Deve-se tomar cuidado, no entanto, para a utilização em excesso do nitrogênio, o qual pode provocar a diminuição da resistência da planta, principalmente a seca, com crescimento deficiente das raízes. GRIGOLETTI JUNIOR, AUER e SANTOS (2001) explicam que esta menor resistência causada pelo excesso de adubação nitrogenada provoca o estiolamento da muda, tornando-a mais suscetível ao tombamento e às doenças foliares.

As formas sintéticas mais utilizadas como adubo nitrogenado são o sulfato de amônio (21% de N), o nitrato de amônio (34% de N) e a uréia (45% de N).

---

<sup>4</sup> MAY, J. T. Basic concepts of soils management. In: Southern pine nursery handbook. [S.I.]: USDA. For. Serv. , Southern Region, 1984. Cap. 1, p.1-25.

<sup>5</sup> AMBERGER, A. Pflanzenernährung. 1979.

Uma forma de adição de nitrogênio no solo que independe da aplicação de adubos é a fixação biológica do elemento contido no ar por meio da ação de bactérias do gênero *Rhizobium*, que atuam em simbiose com leguminosas (GOMES et al., 2000).

#### b) Potássio (K)

De acordo com RAIJ (1990), para um crescimento vigoroso e saudável, as plantas necessitam absorver grandes quantidades de potássio. Esse elemento, segundo o autor, está envolvido na maioria dos processos biológicos da planta, atuando no suco celular. Segundo Kochian (2000)<sup>6</sup> citado por ARAÚJO (2001), o K atua como ativador enzimático de processos responsáveis pela síntese e degradação de compostos orgânicos, participa no processo de abertura e fechamento dos estômatos, respiração, síntese de proteínas, osmorregulação, extensão celular e balanço entre cátions e ânions. É indispensável também para a formação das proteínas, ou seja, o aproveitamento do nitrogênio.

De acordo com MALAVOLTA (1989), o potássio oferece maior vigor e maior resistência a doenças, maior rigidez aos caules, o qual evita o acamamento; aumenta a resistência às geadas e ajuda na formação de raízes. CARNEIRO (1995) complementa que o potássio é um elemento regulador da síntese de carboidratos e do transporte de açúcar, o que proporciona às mudas maior resistência às condições adversas de umidade e seca e proporciona menor susceptibilidade ao choque ocasionado pelo plantio. GOMES et al. (2000) afirmam que com a deficiência de K, as plantas não conseguem usar a água do solo, prejudicando a absorção dos demais nutrientes.

No entanto, a absorção excessiva de potássio causa prejuízo na absorção de cálcio, o que aumenta o efeito tóxico do manganês (PRIMAVESI, 1990). Também altos níveis de potássio podem induzir deficiência de zinco (GOMES et al., 2000).

---

<sup>6</sup> KOCHIAN, L.V. Molecular physiology of mineral nutrient acquisition, transport and utilization. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W. ; JONES, R.L. (Eds.) **Biochemistry and Molecular Biology of plants**. Maryland: American Society of Plant Physiologists, 2000. p. 1204 - 1247.

A principal fonte de potássio é o mineral silvita (KCl), que tem, em média, 60% de  $K_2O$  e se encontra em rochas sedimentares, conhecidas por evaporitos, associada à halita (NaCl). Sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), nitrato de potássio ( $KNO_3$ ) e sulfato de potássio e magnésio ( $K_2Mg.(SO_4)_2$ ) completam o grupo de fertilizantes potássios minerais (GOMES et al., 2000).

Teores totais de K podem superar em 1% em solos de boa fertilidade. Uma grande fração desse elemento encontra-se em minerais que contém o elemento nas estruturas cristalinas, como por exemplo nas rochas ígneas como os feldspatos, muscovita e biotita (micas). Em minerais secundários encontra-se em argilas do tipo 2:1, ilita e vermiculita (RAIJ, 1991).

O potássio encontra-se nos solos na sua forma iônica  $K^+$  em solução e como cátion trocável. A sua absorção atinge o máximo na presença de  $Ca^{++}$  no meio, embora o excesso desse tenha efeito inibidor (GOMES; PAIVA, 2004). Devido os sais de K apresentarem alta solubilidade, os teores de K na solução do solo podem atingir concentrações muito elevadas, dependendo do teor de ânions presentes. Isso confere-lhes uma mobilidade superior em reação ao P, permitindo também que a planta o esgote com maior facilidade (RAIJ, 1991).

Conforme Sparks (1987)<sup>7</sup> citado por SILVA (1999), inicialmente ocorre a liberação do K trocável e posteriormente do não trocável. Assim, a solução do solo e a forma trocável necessitam ser continuamente repostas com K, liberado a partir da forma não trocável ou através de fertilizantes.

A liberação do K estrutural para a solução do solo ocorre mediante o intemperismo de minerais como mica e feldspatos e formação de novas estruturas minerais, como argilominerais, óxidos e hidróxidos (MIELNICZUK, 1977).

Segundo TAVORA (1982), cerca de 95% do consumo mundial de potássio é utilizado sob a forma de fertilizantes, sendo o cloreto de potássio o produto comumente utilizado.

Do ponto de vista ecológico, COONATURA (2004) afirma que o cloreto de potássio deixa no solo o cloro, elemento venenoso e poluente. E, de acordo com LEONARDOS, FYLE e KROMBERG (1976), o potássio quando adicionado ao solo

em formas altamente solúveis, como é o caso do cloreto de potássio, tem seu aproveitamento pelas plantas restrito em função da alta solubilidade desse elemento, que acaba sendo carregado para a rede de drenagem.

### c) Fósforo (P)

O fósforo é um elemento essencial para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas, pois melhora todo o sistema radicular e, conseqüentemente, a parte aérea (GONÇALVES et al., 2000). É necessário para as plantas em quantidades bem menores do que as de nitrogênio e de potássio (GOMES; PAIVA, 2004), e, aplicado em quantidade certa, estimula a germinação, o desenvolvimento das raízes e torna possível a produção de sementes em uma idade menor (DEICHMANN, 1967).

FARIA et al. (1996) afirmam que o P é um elemento bastante limitante ao crescimento das espécies florestais nativas, sendo as pioneiras as que melhor respondem à fertilização fosfatada, apresentando, ainda, maior absorção e acúmulo desse nutriente na parte aérea. GOMES e PAIVA (2004) complementam que um adequado suprimento desse elemento é importante no início do crescimento da planta para a formação dos primórdios vegetativos, pois explicam SHENK e BARBER (1977), que as raízes de plantas jovens absorvem fosfato muito mais rapidamente que raízes de plantas mais velhas.

O P tem importantes participações nos fosfolipídios, componente essencial das membranas celulares, nos ácidos nucléicos e nos chamados compostos ricos de energia, como o trifosfato de adenosina (ATP). Esses compostos armazenam e fornecem energia para os diversos processos metabólicos da planta: respiração; fotossíntese; síntese e desdobraimento de carboidratos, óleos e gorduras; síntese de proteínas; trabalho mecânico e absorção iônica ativa (FAQUIN, 1994).

As fontes primárias de fósforo são as rochas, que dão origem aos solos e depósitos de fosfatos que sempre são de baixa solubilidade. As apatitas são os principais minerais de rocha que contêm fósforo (GOMES et al., 2000).

---

<sup>7</sup> SPARKS, D.L. Potassium dynamics in soils. New York, Springer-Verlag, v. 6, 1987. 63p.

No solo, o fósforo faz parte de dois tipos de compostos, o orgânico e o inorgânico ou mineral, que é a forma na qual as plantas absorvem (GOMES; PAIVA, 2004). De acordo com CARNEIRO (1995), no solo ou substrato, o P é facilmente incorporado à matéria orgânica, formando compostos com Ca, Fe, Al e minerais de argila. Assim, juntamente com o fato da baixíssima mobilidade do elemento, a disponibilidade solúvel do fósforo acaba sendo muito pequena.

SHELLER (1998), quantifica que, no solo, 25% a 65% do fósforo encontra-se organicamente fixado, estando 35% a 75% fixado em minerais. Assim, a análise de solo comum consegue determinar apenas os nutrientes facilmente solúveis, abrangendo somente parte do fósforo fixado nos minerais, não sendo detectado o fósforo fixado organicamente. Segundo MALAVOLTA (1989), as plantas não conseguem aproveitar mais que 10% do P total aplicado, devido ao fenômeno de fixação de fósforo.

Para que este fósforo fixado passe a se tornar solúvel, e assimilável pelas plantas, entram em ação espécies de *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Solerotium*, dentre outros. Esses microorganismos são facilmente encontrados em solos orgânicos, os quais conseguem, principalmente a partir da produção de ácidos, solubilizar o fosfato (PROPASTO, 2001).

SHELLER (1998) também afirma que tanto os microorganismos como as próprias plantas podem segregar enzimas que liberam o fosfato organicamente fixado. Pritchett (1990)<sup>8</sup> citado por KHATOUNAIN (2001), explica que o fósforo presente na matéria orgânica do solo e em alguns fosfatos orgânicos solúveis como os fosfatos dos ácidos nucléicos e a fitina, podem ser absorvidos diretamente pelas plantas. Esta disponibilidade dependerá, segundo o autor, da acidez do solo e seus efeitos sobre a solubilidade do Fe, Al e Mg, que formam precipitados insolúveis em solos muito ácidos, da disponibilidade do Ca, da atividade dos microorganismos que controlam o meio e da quantidade de deposição de matéria orgânica. A faixa ideal de pH para a solubilização do P é de 5,5 a 6,5 (em água), quando o equilíbrio químico leva o fosfato à forma dihidrogenada, de melhor aproveitamento pela maioria das culturas agrícolas.

---

<sup>8</sup> PRITCHETT, W. L. **Suelos Forestales**: Propiedades, Conservación y Mejoramiento. México: Limusa S.A. 1990.

A complementação de fósforo aos substratos se dá principalmente por superfosfato simples, o qual é obtido a partir de rocha fosfática. Para obter o P dessa rocha, é misturado ácido sulfúrico, que ataca o fosfato natural, convertendo a maior parte do seu fósforo para a forma de fosfato monocálcico. Ecologicamente, observa-se que o processo de obtenção do P é um processo caro e poluente que resulta em um produto que, dependendo da qualidade química da terra, pode ser de baixíssima solubilização e pode deixar no solo resíduos de anidrido de ácido sulfúrico, venenoso e poluidor (COONATURA, 2004). De acordo com PROPASTO (2001), o superfosfato simples é constituído por: 18% de fósforo ( $P_2O_5$ ), 20% de cálcio e 12% de enxofre. Possui 90% de solubilidade em água e 100% de solubilidade em ácido cítrico.

Embora não apresente risco direto à saúde humana e suas concentrações encontradas nos corpos de água sejam muito inferiores ao nitrato, o fósforo apresenta um papel essencial na eutrofização de rios e lagos. Nesse processo, o acréscimo desse nutriente favorece a proliferação de algas e o acúmulo de matéria orgânica, com conseqüências diretas para outros parâmetros de qualidade de água, tais como aumento da DBO e diminuição do oxigênio. Os sistemas de produção agrícola influenciam a carga de fósforo, a qual é transportada para os rios. A maior parte do fósforo lixiviado está associada aos sedimentos provenientes das áreas agrícolas e, uma vez depositados no fundo de rios e lagos, esse nutriente virá a ser liberado para a água através dos processos bioquímicos (LUCHIARI JUNIOR; TOLEDO; FERREIRA, 1997).

#### d) Cálcio (Ca)

O elemento cálcio é imprescindível para que ocorra uma correta absorção dos nutrientes, e para a manutenção da estabilidade das membranas e das paredes celulares das raízes (BALLARIN, 2004). Esse elemento faz parte da lamela média das paredes celulares, ativa diversas enzimas e é indispensável para a integridade da membrana citoplasmática e, conseqüentemente, a seletividade da membrana para absorção adequada de nutrientes. Também é requerido para a alongação e divisão celular, refletindo no desenvolvimento e funcionamento das raízes e na nodulação das raízes para fixação biológica do  $N_2$  por leguminosas, estando também envolvido no metabolismo do N (FAQUIN, 1994).

O cálcio é relacionado positivamente com o conteúdo de silte e argila, que aplicado na quantidade certa, aumenta a disponibilidade de fósforo, reduz a erosão e melhora as condições físicas do solo. Contudo, em excesso reduz a disponibilidade de Fe, resultando em clorose, e aumenta a ocorrência de tombamento (DEICHMANN, 1967). RAIJ (1981) comenta para o excesso de Ca, que determina uma menor absorção de K, em virtude do estabelecimento de uma ação inibitória de natureza competitiva.

O impacto negativo mais evidente, em decorrência do uso de Ca em excesso, é o favorecimento à dispersão dos colóides do solo. A dispersão dos colóides do solo significa o desencadeamento de um processo erosivo, uma vez que ocorre a desestruturação dos agregados com o conseqüente preenchimento dos poros, principalmente os mesoporos e microporos. Esse fato propicia de forma mais intensa o escoamento superficial da água, com o conseqüente transporte das partículas do solo (JUCZ, 1987).

O cálcio é um elemento de ocorrência generalizada na natureza. Contudo, nem todo cálcio é disponível às plantas. As principais fontes de cálcio são as rochas carbonatadas e os minerais silicatados, a exemplo dos plagioclásios cálcicos e minerais máficos como olivinas, piroxênios e anfibólios (GOMES et al., 2000). Jacson (1969)<sup>9</sup> citado por THEODORO (2000), afirma que o cálcio encontrado nas estruturas cristalinas dos feldspatos, principalmente plagioclásio, são potencialmente excelentes para fertilizar solos ácidos.

No solo, o cálcio encontra-se na forma iônica  $Ca^{++}$  tanto em solução quanto como cátion, mas devido a sua alta solubilidade, o cálcio é rapidamente lixiviado (GOMES; PAIVA, 2004).

#### e) Magnésio (Mg)

O magnésio é um elemento importante na formação da clorofila e sua deficiência provoca coloração nas folhas das mudas semelhante à causada pela carência de nitrogênio. O Mg também tem função de carregador do fósforo, elemento esse que será prejudicado na ausência de Mg (May, 1984<sup>4</sup> citado por CARNEIRO, 1995). Segundo MALAVOLTA (1989), o Mg ainda é necessário para a formação do açúcar, promove a formação de gorduras e óleos e ajuda na regularização e absorção de outros nutrientes.

---

<sup>9</sup> JACKSON, M. L. Chemical composition of soils. In Bear, F. (edit). **Chemical of soils**. 2.Ed. International Student Editions. New York. 1969. p.71-141.

O Mg é absorvido pelas plantas na forma iônica de  $Mg^{++}$ , e está presente nos solos em pequenas quantidades (GOMES; PAIVA, 2004).

A fonte primária do Mg está nas rochas carbonatadas e em vários minerais silicatados ricos em Fe e Mg, como augita, olivina, clorita e biotita, dentre outros (GOMES et al. 2000).

#### f) Enxofre (S)

O enxofre é essencial para uma eficiente utilização de N pelas mudas. É um importante constituinte de aminoácidos e tiaminas e essencial para síntese de gorduras. Sua deficiência provoca clorose e falhas na síntese de proteína (CARNEIRO, 1995). Na deficiência de enxofre as raízes se tornam mais fibrosas, compridas, mas com poucas radículas (PRIMAVESI, 1990). De acordo com MALAVOLTA (1989), o enxofre ajuda a manter a cor verde sadia das folhas e também promove a nodulação nas leguminosas.

O enxofre é encontrado principalmente na matéria orgânica e, em pequena quantidade, na forma de sulfato, ocorrendo em compostos sólidos, formas solúveis, sais solúveis e gases, sendo absorvido pelas raízes quase que exclusivamente como íon sulfato  $SO_4^-$  (GOMES; PAIVA, 2004).

#### g) Boro (B)

A falta de boro impede o transporte de açúcares e diminui a transpiração nas plantas. A ausência de boro na planta, juntamente pela alta mobilidade desse elemento no substrato, pode provocar a morte do meristema apical, também chamada de seca de ponteira (MALAVOLTA, 1989). De acordo com PRIMAVESI (1990), a deficiência de boro é a que mais drasticamente reduz o volume radicular.

As plantas necessitam de quantidades muito pequenas desse elemento, mas, um nível ótimo para uma planta poderá ser tóxico para outra. Normalmente em substratos mais arenosos há deficiência de B, e quando combinado com altos níveis de cálcio, a sua disponibilidade torna-se baixa (GOMES; PAIVA, 2004).

O B influencia os componentes da membrana celular, aumentando a capacidade da raiz absorver P, Cl e K. A fonte de B mais importante para as plantas é a matéria orgânica, a qual através da mineralização libera-o para a solução do solo (MALAVOLTA, 1989).

O Boro ocorre em duas formas no solo, a inorgânica (boratos de cálcio, de magnésio e de sódio) e a orgânica (resíduos de microrganismos e de plantas). Também podem ser citadas outras fontes, como águas de chuvas e os fertilizantes, que normalmente o possuem em pequenas quantidades. Na solução do solo, ele está sob a forma de ânion borato e provém sobretudo da mineralização da matéria orgânica, podendo também provir de sais da rede cristalina de silicatos. Pelas plantas é absorvido como ácido bórico não dissociado, nas suas formas iônicas  $B_4O_7^{--}$ ,  $HBO_3^{--}$  ou  $BO_3^{--}$  (GOMES; PAIVA, 2004).

#### h) Cloro (Cl)

É um elemento essencial para a fotossíntese, pois o  $Cl^-$  juntamente com  $Mn^{+2}$ , participam como catalizadores na fotólise, na fotofosforização. Também aumenta a resistência da planta à seca. O suprimento de Cl por absorção da atmosfera é suficiente para suprir as necessidades das espécies florestais (MALAVOLTA, 1989).

#### i) Cobre (Cu)

O cobre é importante como ativador enzimático da fotossíntese e respiração. Na escassez de Cu, a síntese de proteínas será deficiente, permanecendo na forma de aminoácidos, o que pode deixar as plantas doentes (PRIMAVESI, 1990). Esse fato é citado também por MALAVOLTA (1989), que aponta para importância do Cu na resistência a doenças, devido a sua participação nos fenômenos de respiração.

É um ativador de enzimas de oxido-redução que oxidam fenóis e participa do transporte eletrônico terminal da respiração e fotossíntese. Possui ainda funções na síntese de proteínas, metabolismo de carboidratos e fixação simbiótica do  $N_2$  (MALAVOLTA, 1989).

O cobre no solo pode ocorrer principalmente nas formas solúveis em água, adsorvidos pelas argilas e fazendo parte de compostos orgânicos. Esse nutriente é absorvido na forma de íon  $Cu^{++}$  e como complexo orgânico de sal quelato (GOMES; PAIVA, 2004).

Altos valores de P no substrato podem reduzir a absorção de Cu pelas mudas, assim como em substratos pobres em matéria orgânica, o Cu torna-se menos disponível na medida em que os valores de pH são crescentes (PRIMAVESI, 1990).

#### j) Ferro (Fe)

O ferro ocorre principalmente em substratos com valores mais elevados de pH, onde a absorção é inibida. Esse elemento nas folhas ocorre em cloroplasto, importante na síntese de proteínas. De acordo com MALAVOLTA (1989), o ferro é indispensável para a formação do pigmento verde das plantas, a clorofila.

No solo, o ferro faz parte de alguns materiais, como os silicatos primários, as argilas, os óxidos e hidróxidos de ferro e os sais fosfatados, sendo essas formas insolúveis, e em quantidades mínimas. Ele é absorvido pelas plantas na forma iônica, ou seja, de sulfatos, ou de sais orgânicos complexos, os quelatos (GOMES; PAIVA, 2004).

#### l) Manganês (Mn)

Nas espécies florestais, pequenas quantidades de manganês já satisfazem as exigências nutricionais, elemento esse essencial à síntese de clorofila, mas que pode afetar a disponibilidade de Fe.

Em pH baixo pode ocorrer acúmulo de Mn, podendo chegar a teores tóxicos às plantas. Sintomas de deficiência podem ocorrer em solo com pH elevado, excesso de matéria orgânica, altos teores de P, Cu e Zn, e com período de seca (MALAVOLTA, 1989).

Na natureza, o Mn é encontrado em sedimentos e trata-se de um dos mais abundantes micronutrientes existentes no solo, ocorrendo na forma de óxidos e de hidróxidos de solubilidades variáveis e também na matéria orgânica. Ele é absorvido na forma iônica de  $Mn^{++}$  e em combinações moleculares de quelatos (GOMES; PAIVA, 2004).

#### m) Molibdênio (Mo)

O molibdênio é um elemento importante para a fixação de N por fazer parte da nitrogenase, mas sua deficiência pode causar distúrbios metabólicos nas mudas. Também é indispensável para o aproveitamento dos nitratos (MALAVOLTA, 1989).

No solo, o Mo é proveniente da decomposição da olivina, dos minerais de argila, dos sulfatos e de outros minerais, aparecendo na solução do solo sob a forma de ânion molibdênio  $\text{MoO}_4^{2-}$  (GOMES; PAIVA, 2004).

#### n) Zinco (Zn)

Segundo MARSCHNER (1995), tanto a toxicidade como a falta de zinco pode afetar o crescimento e o metabolismo normal de espécies vegetais. MALAVOLTA (1989) afirma que o zinco é necessário para a produção de clorofila, sendo indispensável para o crescimento. É essencial tanto para a transformação de carboidratos, como para algumas enzimas, inclusive as que processam as formações da auxina ácido indol acético. Em pH elevado, encharcamento do solo, adubação fosfatada pesada, excesso de N, podem induzir a deficiência de Zn. De acordo com DECHEN, HAAG e CARMELLO (1991), a deficiência de Zn pode se associar ao excesso de P, Mn e Fe no solo, e de P e Cu na planta.

O Zn é um micronutriente de absorção rápida e de difícil lavagem, sendo absorvido como íon  $\text{Zn}^{++}$  e quelatos. Esse elemento ocorre em solos com elevados teores de fósforo total, sendo que nas rochas básicas, caso do basalto, há mais desse elemento do que em rochas ácidas (GOMES; PAIVA, 2004).

## 2.4 USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS

A partir da obra publicada por “Justus von Liebig”, no ano de 1840 na Alemanha, com o título “A aplicação da química na agricultura e fisiologia”, em que o autor apresentou uma nova teoria de nutrição vegetal introduzindo a idéia da adubação mineral e da lei do mínimo, o conceito de adubação e o entendimento dos agricultores

sobre a fertilidade do solo foram transformados. “Liebig” introduziu a visão do solo como um depósito de nutrientes solúveis para as plantas, que as culturas esvaziam, sendo necessário ao agricultor preencher novamente por meio das adubações. Assim, no decorrer dos 150 anos seguintes, a produtividade multiplicou-se, e muita gente, empiricamente, atribuiu esse aumento à adubação mineral. No Brasil, a intensificação da adubação mineral, considerada uma inovação tecnológica, ocorreu nas décadas de 1950/70 (SCHELLER, 1998).

Na década de 1970, para melhor aproveitar os adubos, precisou-se de um pacote de insumos químicos, como os inseticidas, fungicidas e herbicidas. E mesmo dependente da indústria química, devido às vantagens do sistema principalmente nos países industrializados, esse passou a ser considerado o modo “convencional” de produção (KHATOUNAIN, 2001).

Ainda hoje porém, os setores produtivos, especialmente as pequenas e médias propriedades, possuem condições limitadas para utilizar insumos industrializados com recursos próprios, o que leva a um decréscimo da sua produtividade.

Além do uso de adubo representar uma parcela considerável do custo de implantação de florestas existe, em virtude da própria natureza dos produtos, um risco potencial ao ambiente, o qual pode tornar-se preocupante quando a adubação é realizada sem critérios adequados (DAVIDE; JOSÉ; PINTO, 2002).

O uso de adubação em doses superiores às requeridas pelas plantas, aliados ao potencial natural de salinização da água de irrigação e de adubos com elevados índices salinos, pode levar à salinização do substrato. Logo, esse processo de acumulação de sais poderá prejudicar o crescimento das mudas (WENDLING; GATTO, 2002). BATAGLIA e FURLANI (2004), complementam que a aplicação de fertilizantes em excesso pode tanto prejudicar a planta como o ambiente, transformando-se em um custo desnecessário.

CARNEIRO (1995) lembra que aplicações concentradas de qualquer elemento podem conduzir a sintomas de toxidez ou de mortalidade. O uso excessivo de fertilizantes minerais pode resultar em problemas, muitos dos quais semelhantes aos sintomas provocados por doenças, deficiências nutricionais ou danos causados por

herbicidas. GOMES et al. (2000) comentam que a utilização dos mesmos em doses elevadas causa consumo excessivo de nutrientes pelas plantas, podendo ser considerado um consumo de luxo, e aumenta a disponibilidade dos elementos no sistema solo-água, levando a desequilíbrios não desejáveis no ambiente.

Os fertilizantes fosfatados, por exemplo, constituem-se em fontes de cádmio e de urânio, além de outros elementos radioativos, aos quais os agricultores ficam expostos, normalmente, por inalação ou por contato direto com a pele, quando há aplicação manual. Tal exposição, principalmente em função do cádmio, pode causar neoplasias pulmonares e câncer de pele (Santos; Gouvêa; Dutra, 1995<sup>10</sup>, citados por GOMES et al., 2000).

Margalef (1983)<sup>11</sup> citado por GOMES et al. (2000) afirma que com exceção das indústrias de limpeza, o fósforo entra como um dos principais responsáveis pela eutrofização das águas.

Também há de se lembrar o fato que, para a obtenção do N, P e K, recorre-se à importação nas diferentes etapas da cadeia produtiva. Assim, praticamente todo o enxofre, 80% do potássio e uma parcela considerável de ácido fosfórico, são importados (THEODORO, 2000).

#### 2.4.1 Alternativas ao uso de fertilizantes químicos

Hoje, após a II Guerra Mundial e décadas de uso e abuso dos adubos hidrossolúveis e dos agrotóxicos, volta-se à pesquisa e utilização de insumos naturais que foram relegados a segundo plano, como o esterco, composto, lixo doméstico, cinzas, rochas moídas, etc. (COONATURA, 2004). GRUSZYNSKI (2002) cita outras matérias-primas que também podem ser utilizadas para compor misturas de substratos, como sub-produtos da madeira, dentre eles serragem e maravalha, fibra de madeira, compostos de lixo domiciliar urbano e compostos de restos de poda.

---

<sup>10</sup> SANTOS, P. L.; GOUVEA, R. C.; DUTRA, I. R. Human occupational radioactive contamination from the use of phosphated fertilizers. **Science of the Total Environment**, v. 162, 1995. p. 19-22.

<sup>11</sup> MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Ed. Omega, 1983. 1010p.

SCHUMACHER et al. (2001) apontam que estudos com alternativas ao uso de fertilizantes químicos devem ser sempre aprimorados, em consequência das jazidas de alguns minerais estarem ficando escassas, elevados custos para a obtenção de fertilizantes e principalmente pelos adubos químicos contaminarem os recursos hídricos.

OLIVEIRA et al. (1994) citam o uso de resíduos da metalurgia de ferro, conhecido como escórias. Esse material, quando granulado, é rico em Ca e Mg, apresentando ainda, em sua composição, alguns dos principais macro e micronutrientes requerido pelas plantas, como o P, Fe e Mn. Em fase de pesquisa, este resíduo das metalúrgicas de ferro tem sido testado em mudas de *Eucalyptus urophylla* (NOVAIS et al., 1995), sendo encontrados bons resultados quando adicionado em sulcos antes do plantio de *E. camaldulensis*, onde OLIVEIRA et al. (1994), observaram maiores produções de madeira para esta espécie nos tratamentos com escória em comparação com a fertilização química. Os fatores limitantes ao uso desse material, segundo NOLASCO, GUERRINI e BENEDETTI (2000), estão em adequar as escórias à granulometria, e à presença de metais pesados.

Estudos com composto orgânico de lixo urbano também têm envolvido pesquisas no país. ZEN et al. (1994) utilizaram composto orgânico de lixo urbano da cidade de São Paulo em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, os quais foram plantados em solos arenosos. Os autores afirmam que, sob estas condições de solos arenosos e pobres, o uso do composto orgânico afetou o crescimento das árvores, melhorando a capacidade de retenção de umidade do solo, disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana. Dentre os nutrientes notáveis presentes no composto, cita-se o N (1,8%), P (0,24%), K (0,89%), Ca (2,11%) e Mg (0,29%).

De acordo com FERMINO (1996), a utilização de resíduos da agroindústria disponíveis regionalmente como componentes para substratos pode propiciar a redução de custos, assim como auxiliar na minimização da poluição decorrente do acúmulo desses materiais no meio ambiente.

LEONARDOS, FYLE e KROMBERG (1976), apontam para o uso de rocha moída, principalmente o basalto, indicando como uma possível fonte de macro e micronutrientes, podendo levar ao rejuvenescimento de solos muito intemperizados.

## 2.5 PÓ DE BASALTO

As rochas são corpos sólidos formados através da agregação de minerais, podendo em sua formação, serem formados de um ou de vários tipos desses. Todas as rochas originaram-se de um estado ígneo, chamado de magma que, sob elevadas temperaturas são ejetadas do interior da Terra para a superfície através dos vulcões. Essas rochas na superfície irão apresentar diferenciações, as quais estão ligadas a determinados fatores como: composição química, origem, textura, estrutura, declive, cobertura vegetal, tempo geológico e tipo de clima, dentre outros (MACHADO et al., 2003).

Com a cristalização do magma, as primeiras rochas a surgir são as ígneas, as quais se diferenciam pelo tipo de resfriamento ao qual sofreram. Quando a cristalização ocorre em profundidade, o resfriamento é lento e forma rochas com grãos minerais relativamente grandes. Um exemplo desse resfriamento é o granito, composto principalmente de quartzo, feldspato e mica. Já quando o magma chega até a superfície e derrama-se em forma de lavas, o seu resfriamento é rápido, e forma rochas de grãos minerais muitos pequenos, visíveis por meio de microscópio, como é o caso do basalto (GUIMARÃES, 2002).

Assim, o basalto é considerado uma rocha vulcânica extrusiva, pois é resultante da solidificação rápida da lava na superfície. A mineralogia principal de um basalto é constituída principalmente por piroxênios e plagioclásio. Pode incluir olivina, quartzo, feldspato potássico, piroxênios, anfibólios, micas, olivina, feldspatoides (leucita, nefelita, sodalita, zeolitos sódicos), hematita, ilmenita, magnetita, rutilo, dentre outros. Na composição química dos minerais das rochas ígneas vulcânicas, ocorre uma maior frequência de óxidos, sendo o de maior importância o óxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), cuja porcentagem em peso pode variar de 35 a 75%. Em segundo lugar vem o óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), que varia entre 12 e 18%. Outros óxidos podem estar presentes, como: óxido de ferro, óxido de manganês, óxido de magnésio e outros de sódio, potássio e cálcio (TURNER; VERHOOGEN, 1960).

Os elementos químicos existentes nessas rochas que podem ser facilmente revolvidos são Ca, Mg e K. E os que podem ser concentrados residualmente, como Fe, P e elementos traços. Assim, solos originados de rochas basálticas tendem a ser mais ricos em Fe, P, Ca, Cu e Zn, e, por outro lado, tendem a ser mais pobres em B e Mo (RESENDE et al., 2002).

Segundo LEINS e AMARAL (1995), o sul do Brasil no fim da era Mezozóica e no início do período Terciário, foi atingido por intensas atividades vulcânicas, ocorrendo derramamento de lavas basálticas, cujo alcance foi cerca de 1 milhão de quilômetros quadrados. Segundo esses autores, o volume total de lavas basálticas da bacia do Paraná pode atingir o total de 650.000 quilômetros cúbicos.

KAVALERIDZE (1978) afirma que em certas regiões, as lavas basálticas podem receber vulgarmente o nome de “pedra ferro”, devido à compacticidade da rocha que, por não apresentar poros, dificulta a entrada tanto de ar como de água no interior da rocha.

Os basaltos podem possuir algumas estruturas em seu interior como as vesículas e amígdalas. Trata-se de feições resultantes do aprisionamento de gases e fluidos durante o processo de resfriamento da lava. Quando após o resfriamento tem-se a formação de cavidades ocas, essas são nomeadas de vesículas, e quando são preenchidas, são chamadas de amígdalas, as quais podem ser preenchidas por diversos minerais, como por exemplo, a calcita (REIS NETO, 2004).

Quanto à textura, que é o conjunto de propriedades geométricas das rochas que decorrem da morfologia e do arranjo de seus constituintes fundamentais, os basaltos se classificam como afanítica, ou seja, a maior porcentagem dos minerais é invisível a olho nu. Relativo à cristalinidade, os basaltos são 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. Ainda, os cristais variam de tamanho de denso a fino, com uma articulação irregular entre eles (MACHADO et al., 2003).

Os basaltos são considerados rochas básicas, tidas como um importante material de origem de solos, contribuindo para sua fertilidade em função do predomínio de minerais facilmente intemperizáveis e ricos em cátions, destacando-se os feldspatos cálcio-sódicos e piroxênios (RESENDE et al., 2002). Para a agricultura, portanto, o basalto é uma rocha importantíssima pois o produto de sua decomposição é uma argila de coloração avermelhada que origina solos férteis. CRISTAN (2002) exemplifica que os solos mais ricos e férteis do mundo tiveram sua origem na rocha basáltica, como os solos das encostas do Monte Vesúvio, na Itália, onde a produção de uvas é muito farta. Esse autor explica que, segundo geólogos e pedólogos, são necessários cerca de 200 a 300 anos para se formar, na natureza, 01 cm de solo oriundo de basalto a partir da decomposição da rocha.

A atuação modificadora sobre o material de origem, fenômeno conhecido como intemperismo, pode ser dividida em física, química e biológica. O intemperismo físico caracteriza-se pela atuação de fenômenos físicos sobre o material de origem, promovendo a pulverização da rocha-mãe. Assim, com partículas cada vez de menor diâmetro de colo, há um aumento na superfície de contato, agilizando a atuação do intemperismo químico e biológico (LUCHESE; FAVERO; LENZI, 2002).

Na busca de se imitar o funcionamento da natureza, utiliza-se os pós de rocha, que segundo KHATOUNAIN (2001), estão entre os mais antigos materiais utilizados para fertilizar terrenos. A adição de rocha triturada ao solo com finalidade agrícola já era conhecida na mais remota antiguidade, onde “Plínio” relata em detalhe o processo de calagem usada na Gália. No século XVIII, “James Hutton”, fundador das ciências geológicas, não só recomendava, como ele próprio rochava com marga e rochas similares sua fazenda na Escócia para que a fertilidade fosse aumentada (LEONARDOS; FYLE; KROMBERG, 1976).

No Brasil ainda são poucas as referências de sua utilização em escala comercial. Registradas como condicionantes de solos, citam-se algumas misturas de rochas que são comercializadas no Brasil, como a Farinha de Rocha MB4, fabricada pela empresa MIBASA de Arapiraca, Alagoas, a qual a um custo de R\$ 180,00 a tonelada, é oriunda de mistura das seguintes rochas: micaxisto, biotitaxisto e o

serpentinito. Dessa mistura, os autores do MB4 recomendam utilizar a quantidade de 2 toneladas por hectare (BARRETO, 1998). Outros produtos constituídos de misturas são a Farinha de Rocha Intemperizada S.IPIRA/Ipira Fértil Ltda., fabricado na Bahia, e Itafertil, da Mineração São Judas Ltda – Microbiol Ind. e Com. Ltda. (D'ANDRÉA, 2003).

Mesmo BARRETO (1998), que está a frente da Farinha de Rocha MB4, afirma que as melhores rochas para fazer recuperação de solos são as rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferromagnesianos e em micronutrientes de grande valor para os solos, plantas e animais.

Também produção e comercialização de basaltos moídos têm sido feitas por agricultores orgânicos cooperados na colônia Witmarsum, no Paraná. Outro produto utilizando-se apenas a rocha basalto é comercializado em São Paulo, no município de Palmeiras, o qual é retirado da Pedreira Basalto.

Em outros países, a utilização do pó de basalto já pode ser considerada uma prática convencional de muitos agricultores. GIESSMANN cita alguns usos e aplicações do pó de basalto nos EUA e Europa: na pecuária como amenizador de odor, higienização das instalações, e prevenção de problemas nos cascos dos animais; na horticultura como enriquecimento de composto, mineralização de solos degradados, fazendo parte da composição de substratos e para controle de pragas e doenças; e na agricultura, onde melhora a estrutura do solo e serve de suprimento de micronutrientes quando aplicado na quantidade de 0,5 a 2 t/ha.

AMPARO (2003) afirma que a utilização da farinha de rocha traz várias vantagens, sendo uma delas a diminuição da mão-de-obra, pois com a aplicação da farinha de rocha não há necessidade de se adubar frequentemente, devido ao seu efeito prolongado. Isso porque, não sendo a farinha de rocha prontamente solúvel em água, o produto não é lixiviado pela água da chuva ou irrigações intensas. Outras vantagens são citadas pelo autor, como a correção do pH, a não salinização do solo, a não absorção em excesso de potássio, o que beneficia a absorção de cálcio e magnésio e a diminuição da fixação do fósforo solúvel pela presença da sílica.

Guimarães (1955)<sup>12</sup> citado por THEODORO (2000), ressalva que a farinha de rocha pode ser aplicada no solo apenas de quatro em quatro anos, visto a liberação gradativa dos nutrientes. Já a reposição da adubação convencional precisa ocorrer anualmente e com dosagens crescentemente maiores.

CRISTAN (2002) também afirma que, uma vez que a liberação dos nutrientes do pó de basalto é gradual e contínua, estudos recentes no Brasil o indicam como potencial recuperador de pastagens e de canaviais.

KIEHL (2002), o qual realizou pesquisas na Escola Superior da Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), USP de Piracicaba - SP, afirma que a utilização do pó de basalto para a correção dos solos trouxe resultados positivos, tornando-se uma alternativa bastante favorável aos agricultores. Uma das grandes vantagens, afirma o autor, é que o pó de basalto é encontrado em todas as pedreiras que fazem dessa rocha matéria-prima para outros fins. Assim, a utilização do pó da rocha é um recurso bem mais barato em comparação com outros produtos utilizados para adubação. O autor recomenda ainda utilizar 50 a 100 toneladas de pó de basalto por hectare, em solos empobrecidos, para torná-los férteis novamente.

De acordo com THEODORO (2000), o custo do pó de basalto é quase 20 vezes menor do que a aplicação de insumos convencionais, pois quase todas as regiões brasileiras possuem depósitos de rocha vulcânica, rica em nutrientes. Ainda há a opção da reciclagem de rejeitos de minerações e pedreira, responsáveis por impactos ambientais em todo o país.

HENSEL (2003), que teve sua obra original publicada em 1898, já considerava o pó do basalto como o único processo natural capaz de aumentar a produção das plantas, aliada ainda, à diminuição das doenças do homem e animais com a produção de alimentos saudáveis. O autor enfatiza que com a adubação de farinha de rocha, os solos desgastados devido ao excesso da produtividade, poderiam ser renovados, processo que na natureza levaria mil anos para ocorrer.

---

<sup>12</sup> GUIMARÃES, D. Contribuição ao estudo dos Tufos da Mata da Corda. Instituto de Tecnologia Industrial. Minas Gerais, 1955. 31p.

De acordo com GIESSMANN, uma vez que a composição química do pó de basalto tem variação mínima independente da região, deve-se dar uma maior importância para a granulometria do produto, ressaltando que quanto menor a granulometria, melhor será a sua atividade e a sua área de superfície. Pós com granulometria menor que 0,01 mm quando adicionados ao solo nas quantidades de 0,5 a 2,0 t/ha, fornecem resultados visíveis em relação ao melhoramento do solo e resistência das plantas em poucos meses, diz o autor.

Utilizando pó basalto em granulometria grosseira, e aplicação em área total em solo arenoso e de baixa fertilidade, CRISTAN (2002), conseguiu equilibrar nutricionalmente um pomar de Pêras Coroas na cidade de Ribeirão Bonito -SP, onde antes aplicações de zinco via foliar não propiciavam bons resultados. Após anos de pesquisa, nesta mesma região, a granulometria foi aperfeiçoada com moagem do basalto, obtendo-se um produto singular com 55% das partículas finas, o que permitiu um efeito nutricional mais rápido.

Entre os trabalhos que constataram efeito positivo do pó de basalto, destaca-se o relatado por Evans (1947)<sup>13</sup> citado por MOTTA e FEIDEN (1992/3) que obteve aumentos de 33,7% e 56,7% na produção de matéria seca com o cultivo de aveia em vaso, aplicando pó de basalto nas doses equivalentes a 247 e 497 t/ha, respectivamente. Trabalhos de longo prazo com a cultura da cana-de-açúcar a campo também obtiveram resultados positivos, estando o custo da aplicação de 71 t/ha, pago com o aumento da produção em quatro cortes, segundo D'Hotman Villiers (1947)<sup>14</sup>, citado por LEONARDOS, FYLE e KROMBERG (1976), tornando compensador seu uso na época.

Com base nos níveis de P disponíveis pode-se constatar que a aplicação de 40 t/ha de pó de basalto foi suficiente para elevar o P disponível do nível muito baixo para suficiente, comportando-se como uma adubação corretiva (MOTTA; FEIDEN, 1992/3).

KNAPIK (1987) pesquisou na cultura de rabanetes diversas dosagens de pó de basalto na região de União da Vitória - PR. Destaque para o material utilizado, cuja

---

<sup>13</sup> EVANS, H. Investigations on the fertilizer value of crushed basaltic rock. In: Mauritius sugar cane research station. Annual report, v.18, 1947. p.42-8.

procedência é a mesma do usado na presente pesquisa. O autor testou os seguintes tratamentos, cada qual distribuído por m<sup>2</sup> de solo: 0,6 kg; 1,2 kg; 2,4 kg; e 4,8 kg de pó de basalto; 2 kg de esterco de gado; 100 g de NPK (4-14-7); e 2 kg de esterco de gado + 100 g de NPK (4-14-7). Os maiores pesos de biomassa total dos rabanetes com e sem folhas, foram obtidos quando utilizado a maior dosagem de pó de basalto (4,8 kg por m<sup>2</sup>), sem a adição de esterco e NPK.

KAVALERIDZE (1978), que realizou pesquisas em solos do Paraná, recomenda a utilização de lava basáltica triturada a pó, visando a correção de solos ácidos, melhorando também o complexo coloidal deficiente. Nesse processo realiza-se a silicatização do complexo coloidal e também um enriquecimento de vários elementos e microelementos úteis, cujo efeito será contínuo por um período de cerca de cinco ou mais anos. Para um hectare o autor sugere a aplicação de 10 toneladas de pó.

O mesmo autor explica que o pó de basalto é rico em sesquióxidos de Ferro e Alumínio (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), e no que se refere à sua parte coloidal é bastante pobre em sais e sílica. No entanto, essa sílica, que apresenta-se em estado coloidal, possui carga elétrica negativa, enquanto que os sesquióxidos de Ferro e Alumínio, dependendo do meio, podem evidenciar carga negativa ou positiva. Mas, se adicionado matéria orgânica, rica em ácidos, que possuem carga elétrica negativa, pouco a pouco esses ácidos mudam as propriedades do pó de basalto, aumentando a presença de cátions metálicos (Ca, Mg, K, etc.) e diminuindo o H<sup>+</sup> e a deficiência em colóides negativos do complexo coloidal do solo.

O autor ainda explica que a função específica dos colóides negativos e, portanto, também da sílica no solo é reter por adsorção os cátions dos sais nutrientes: Ca, Mg, K, etc, mantendo os nutrientes no solo e impedindo que esses sejam levados pela água. Assim, aumenta-se a condutividade de um solo, aumentando a porção coloidal eletro-negativa, através da aplicação da lava basáltica triturada e reduzida a pó. Desse modo não só se está aumentando a fração sílica coloidal, na forma de ácido monossilícico Si(OH)<sub>4</sub>, para garantir maior capacidade de adsorção dos cátions metálicos, mas ao mesmo tempo se está fornecendo ao solo apreciáveis quantidades de sais nutrientes indispensáveis.

---

<sup>14</sup> D'HOTMAN VILLIERS, O. Sur des résultats d' études relatives à la rejuvénation de nos sols épuisés dès region humides par incorporation de poussière basaltique. Revue Agricole de l'île de

De acordo com SCHELLER (1998), na degradação estrutural dos silicatos primários por meio de ácidos orgânicos, todos os elementos contidos são liberados, além do potássio, principalmente magnésio, ferro, alumínio e óxido de silício. Acima de pH 5, alumínio e óxido de silício normalmente são imediatamente fixados na estrutura dos argilominerais. Devido a isso, a concentração de alumínio não passa de 0,3 mg/l da solução do solo. Somente abaixo do pH 5 a concentração de alumínio cresce significativamente. Assim, se a taxa de transformação dos silicatos for alta, geralmente há uma boa disponibilização de nutrientes.

A maior parte da experimentação com pós de rocha foi realizada em solos sob manejo convencional, reduzindo-se a dinâmica de intemperismo aos fatores químicos desse solo. Falta-se realizar uma experimentação de longo prazo e englobando a dinâmica biológica, pois do ponto de vista prático, há uma grande confiança na utilização de pós de rocha associados à ativação biológica do sistema (KHATOUNAIN, 2001).

Muitos organismos produzem substâncias que aceleram a decomposição de rochas, liberando seus nutrientes minerais. De modo semelhante, muitas plantas podem atuar também sobre compostos poucos solúveis, dissolvendo-os e incorporando seus nutrientes. Com relação a fosfatos, por exemplo, há evidências de sua extração por algumas plantas, como as leguminosas tropicais de solos ácidos, as quais conseguem extrair nutrientes, especialmente fósforo, de forma não assimilável por outras plantas. Esse tipo de ação é importante nos exsudados radiculares principalmente de plantas sob cultivo (KHATOUNAIN, 2001).

No processo de intemperismo químico, a presença de água é essencial para que haja reações de troca iônica, hidrólise, dissolução, difusão, oxido-redução e absorção. Além de atuar como solvente, a água é uma importante fonte de íons  $H^+$  e  $OH^-$ , responsáveis pela decomposição dos nutrientes durante o intemperismo. Esse processo é chamado de hidrólise dos silicatos, no qual os minerais primários são transformados em minerais de argila. Devido à alta capacidade de troca dos argilominerais (esmectitas, vermiculita ou zeolitas), esses, juntamente com complexos orgânicos do solo, ou formam verdadeiros bancos de nutrientes, que podem ser retirados ou removidos pelas plantas, de acordo com sua necessidade (THEODORO, 2000).

Durante o crescimento das plantas, a atividade de absorção de nutrientes, juntamente com a atividade de bactérias e microrganismos em geral, são considerados como principais causas de alteração dos minerais primários e formação dos argilo-minerais (Barshad, 1969<sup>15</sup> citado por THEODORO, 2000).

No século passado até meados deste século, havia o parecer geral de que plantas podem usar somente nutrientes solúveis do solo. Entretanto, durante os últimos 30 anos, muitos experimentos de campo mostraram que plantas podem usar também nutrientes insolúveis do solo. As plantas são capazes de dissolver estruturalmente a superfície de silicatos como mica e feldspatos e assim liberar nutrientes. Sob determinadas condições metabólicas, realizam-no por meio de secreções de ácidos de baixo grau molecular ou por meio de multiplicação seletiva e estímulo de microrganismos da rizosfera, mas isso só é possível quando há um bom suprimento em nutrientes (SCHELLER, 1998).

As raízes das plantas por serem fontes contínuas de íons de hidrogênio, desempenham importante função nos processos de intemperismos, pois os íons em contato com a argila ou a rocha, aceleram as reações químicas, principalmente com cálcio, magnésio e potássio (Keller, 1948<sup>16</sup> citado por THOEODORO, 2000).

Os organismos do solo desempenham papel importantíssimo na fertilidade de um solo, pois fornecem nitrogênio e esqueletos de carbono, elementos necessários a existência da microvida. Os fungos e bactérias são os principais responsáveis por se desenvolverem nesse meio e liberar nutrientes dos minerais do solo, como o fósforo, cálcio e ferro, sendo que praticamente todos os nutrientes necessitam da ação de microrganismos em alguma fase de seus ciclos (COUTINHO, 1999).

O efeito da raiz vegetal no solo sobre os microrganismos é tanto maior quanto mais pobre for o solo. Quando as condições de crescimento vegetal são precárias, seja por seca, excesso de umidade, ou pobreza e ainda desequilíbrio entre os nutrientes, a planta não excreta mais as substâncias que mantinham sua microflora na zona da raiz, de modo que os microrganismos morrem ou se tornam parasitas (PRIMAVESI, 1990).

---

<sup>15</sup> BARSHAD, I. Chemistry of soil development. In: **Bear, F. (ed) Chemistry of the soil.** Intern. Student Edit. 2nd edition. p. 1-70, 1969.

<sup>16</sup> KELLER, W. D. Native rocks and minerals as fertilizers. **Science Month.**, n. 66, p. 22-130, 1948.

De acordo com PRIMAVESI (1990), o *Aerobacter* e *Bacillus* são capazes de mobilizar fósforo na rizosfera, e também fungos como *Aspergillus*, *Altenaria* e *Penicillium*, mais especialmente as micorrizas, mobilizam fósforo. Falta saber como produzir um ambiente favorável a esses microrganismos, e cita um bom arejamento e teor adequado de cálcio.

Especialmente os fungos são capazes de transformar rapidamente açúcares em ácidos orgânicos e dissolver, em pouco tempo, a estrutura dos minerais do solo, liberando os elementos neles contidos com a ajuda dos ácidos orgânicos quelatizantes. A decomposição de silicatos primários nas camadas superiores de solos agrícolas processa-se na maior parte por meio dos exsudados das raízes vegetais e da biomassa microbiana (SCHELLER, 1998).

Adicionando esterco ao composto ou solo, juntamente com o pó de basalto, a grande área de superfície do pó é habitada por fungos e bactéria, originando as mais variadas simbioses transformando os nutrientes até formas assimiláveis por outros seres, servindo de base para o desenvolvimento de vida (GIESSMANN).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos em viveiro da Embrapa Florestas, nomeados de Ensaio I e Ensaio II, com o intuito de comparar o desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella* e *Prunus sellowii*, sob diferentes substratos e adubações.

O viveiro está localizado no município de Colombo - Paraná, situado entre e 25°19'17"S e 49°09'39"W. O clima da região, de acordo com o Sistema Internacional de Köeppen, é do tipo Cfb, ou clima subtropical úmido, com temperatura média nos meses mais quentes de 22°C, e 12°C nos mais frios, precipitação média anual de 1.450 mm e 81% de umidade (IAPAR, 1994).

Para os dois ensaios foram utilizados tubetes médios, constituídos de material plástico (polietileno), contendo 6 estrias internas, e perfurados na extremidade inferior. Esses tubetes possuem 13,7 cm de altura, 4,4 cm de diâmetro de colo interno na abertura superior, 3,6 cm na abertura inferior e um volume de 100 cm<sup>3</sup>.

#### 3.1 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO PÓ DE BASALTO

O pó de basalto foi coletado na pedreira Ivo Kerber, situada no município de Porto União – SC (Figura 1).

FIGURA 1 – PEDREIRA ONDE FOI COLETADO O PÓ DE BASALTO



De acordo com MINEROPAR (1991), os derramamentos basálticos dessa região pertencem à Formação Serra Geral, os quais podem variar de 50 à 1.500 m de espessura. A fase de maior intensidade que ocorreram os derramamentos situa-se no Cretáceo inferior (120 a 140 m.a.).

A fim de caracterizar o pó de basalto, foram realizadas no laboratório do Setor de Ciências da Terra – LAMIR, da Universidade Federal do Paraná, a análise petrográfica da rocha basáltica *in natura*, análise química total e a análise granulométrica integrada por peneiramento e difração de laser do pó de basalto.

### 3.2 INSTALAÇÃO DO ENSAIO I

O primeiro experimento foi instalado em janeiro de 2004, com o objetivo de comparar o crescimento de *Mimosa scabrella* e *Prunus sellowii* em 4 adubações sob 3 distintas composições de substratos.

#### 3.2.1 Aquisição das sementes

As sementes de *Mimosa scabrella* (bracatinga) e *Prunus sellowii* (pessegueiro-bravo) foram disponibilizadas pela Embrapa Florestas, procedentes de regiões próximas a Bocaiúva do Sul - PR.

#### 3.2.2 Substrato

Três composições de substratos foram obtidas utilizando-se diferentes fontes de matéria prima, onde se buscou oferecer condições distintas para cada composição. A base de todas as misturas foi o substrato comercial a base de casca de *Pinus* sp decomposta misturada com vermiculita, substrato esse largamente utilizado em viveiros florestais (GONÇALVES et al., 2000). As outras matérias primas utilizadas foram a fibra de coco mista e o húmus de minhoca, ou vermicomposto (Figura 2). No quadro 1 são detalhadas as porcentagens de cada material utilizado por composição de substrato.

FIGURA 2 – MATERIAS UTILIZADOS NA COMPOSIÇÃO DOS SUBSTRATOS NO ENSAIO I: SC – SUBSTRATO COMERCIAL A BASE DE *Pinus* sp E VERMICULITA, FC – FIBRA DE COCO, HM – HÚMUS DE MINHOCAS.



QUADRO 1 - SUBSTRATOS APLICADOS NO ENSAIO 1 EM PROPORÇÕES VOLUMÉTRICAS

Substratos	Composição do substrato (v/v)
SC	100% substrato comercial (SC) a base de casca de <i>Pinus</i> sp e vermiculita
SC + FC + HM (6:3:1)	60% substrato comercial (SC) a base de casca de <i>Pinus</i> sp e vermiculita 30% fibra de coco mista (FC) 10% húmus de minhoca (HM)
SC + FC + HM (3:1:1)	60% substrato comercial (SC) a base de casca de <i>Pinus</i> sp e vermiculita 20% fibra de coco mista (FC) 20% húmus de minhoca (HM)

O substrato comercial a base de casca de *Pinus* sp e vermiculita utilizado nesse trabalho é constituído por 17% de vermiculita fina expandida em relação à porcentagem do volume de casca. Essa é oriunda de árvores do interior do Paraná, a qual é compostada e rigorosamente selecionada quanto à granulometria. Segundo o fabricante, a umidade média do substrato situa-se entre 54 a 58%, pH entre 4,5 e 5,5 e densidade real média de 375 g/l (MEC PREC, 2004).

A fibra de coco mista, conforme o fabricante, possui densidade de 89 kg/m<sup>3</sup>, teor de matéria orgânica de 98%, porosidade total de 94%, capacidade de aeração em 10 cm de 35%, capacidade de retenção de água de 408 ml/l, condutividade elétrica em 1:2 v/v de água de 0,8 mS/cm e pH variando de 5,5 a 6,2 (MALVESTITI, 2003). FERNANDES, CORÁ e ZANETTI (2004), analisaram as propriedades físicas do mesmo material utilizado nesse trabalho e obtiveram os seguintes resultados: 82,23 g/l de densidade seca, 80,3% de porosidade total, 35,8% de espaço de aeração e 15,8% de água disponível.

Já o húmus de minhoca foi obtido da produção de minhocas vermelhas da Califórnia (*Eisenia foetida* Savigny), com base em esterco bovino, e utilização de cerca de 5 kg de minhocas por m<sup>2</sup>. O pH, segundo o fabricante, varia de 5,9 a 6,3, com umidade média do substrato em torno de 67,3% e densidade média de 0,5 g/cm<sup>3</sup> (COIMBRA, 1999).

### 3.2.3 Adubação

Quatro diferentes composições de adubações foram aplicadas em cada um dos três substratos, sendo elas: sem adubação; adubação mineral N.P.K.; adubação mineral N.P.K acrescida de micronutrientes; e pó de basalto.

Para a adubação mineral foi utilizada a fertilização proposta por GONÇALVES et al. (2000), utilizada no viveiro da CESP em São Paulo, acrescida ou não com micronutrientes, cujos adubos são descritos quanto a sua composição no Quadro 2, e a quantidade utilizada por tubete neste ensaio na Tabela 1.

QUADRO 2 - COMPOSIÇÃO DE NUTRIENTES DOS ADUBOS QUÍMICOS

Nutriente	Adubo	Composição Média
Nitrogênio (N)	Sulfato de amônio	20% de N e 22 a 24% de S
Fósforo (P)	Superfosfato simples	18% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 18 a 20% de CaO e 11% de S
Potássio (K)	Cloreto de potássio	60% de K <sub>2</sub> O
Micronutrientes	Fritas BR-12	3,6% de B; 1,6% de Cu; 6% de Fe; 4% de Mn; 0,2% de Mo; 18% de Zn

TABELA 1 - QUANTIDADE DE ADUBAÇÃO POR TUBETE UTILIZADA NOS TRATAMENTOS DO ENSAIO I

Adubação	Adubo utilizado	Dosagem de nutriente (g/m <sup>3</sup> ) (*)	Quantidade de adubo	
			(g/m <sup>3</sup> )	(g/tubete)
Base	Sulfato de amônio (20% N)	150	750	0,075
	Superfosfato simples (18% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	300	1667	0,166
	Cloreto de potássio (60% K <sub>2</sub> O)	100	167	0,017
	“Fritas”	150	150	0,015
	Pó de basalto	150000	150000	15,000
Cobertura	Sulfato de amônio (20% N)	200	1000	0,1
	Cloreto de potássio (60% K <sub>2</sub> O)	150	250	0,025

NOTA: \* Adaptado de GONÇALVES et al. (2000).

Foram aplicadas apenas duas adubações de cobertura, nos tratamentos com adubação N.P.K e N.P.K + micro, sendo a primeira realizada 25 dias após a emergência, com N e K, e a segunda passando-se mais 15 dias, somente com N. Após esse período, as adubações de cobertura foram suspensas e as mudas levadas à pleno sol para rustificação.

A quantidade de pó de basalto, uma vez que há poucas referências da utilização desse material na mistura em substratos, foi calculada baseando-se na análise química da rocha. Assim, tomou-se como base a quantidade de fósforo na rocha (0,20 g/100g), e calculou-se a dosagem de pó de basalto necessária para igualar o  $P_2O_5$  utilizado por tubete nas adubações com N.P.K., conforme Tabela 1. A quantidade de pó de basalto utilizada por tubete, portanto, foi de 15 g, o que corresponde a 150 kg de pó de basalto por  $m^3$  de substrato. Como o pó de basalto é mais denso (1 kg de pó corresponde a 0,660 ml), foi necessário adicionar 99 litros de pó de basalto por  $m^3$  de substrato.

### 3.2.4 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi disposto em esquema fatorial (3) substratos x (4) adubações, perfazendo 12 tratamentos por espécie, sendo dispostos em delineamento de blocos ao acaso com seis repetições, tendo oito plantas úteis por parcela. A bordadura foi constituída de uma linha de plantas em cada extremidade do bloco.

Da interação das distintas misturas de substratos, com as adubações, resultaram nos seguintes tratamentos:

- T1 - SC
- T2 - SC + N.P.K.;
- T3 - SC + N.P.K. + micro;
- T4 - SC + pó de basalto;
- T5 - SC + FC + HM (6:3:1);
- T6 - SC + FC + HM (6:3:1) + N.P.K.;
- T7 - SC + FC + HM (6:3:1) + N.P.K. + micro;
- T8 - SC + FC + HM (6:3:1) + pó de basalto;
- T9 - SC + FC + HM (3:1:1);
- T10 - SC + FC + HM (3:1:1) + N.P.K.;
- T11 - SC + FC + HM (3:1:1) + N.P.K. + micro;
- T12 - SC + FC + HM (3:1:1) + pó de basalto.

### 3.2.5 Instalação e condução do experimento

Um dia antes da instalação do experimento, foi tirada a dormência das sementes de bracatinga, sendo essas colocadas em água a 80°C, e deixadas nessa mesma água por 18 horas.

Já para as sementes de pessegueiro-bravo, a fim de acelerar e homogeneizar a germinação, essas foram deixadas em água fria por 24 horas, como sugere CARVALHO (1994).

Para instalação do Ensaio I, primeiramente foi realizada a pesagem dos adubos em balança analítica, sendo que esses foram calculados proporcionalmente ao volume de substrato a ser utilizado. Em seguida, as proporções de materiais constituintes dos tratamentos foram colocados na betoneira, com auxílio de baldes graduados. Nos tratamentos com adubação mineral ou pó de basalto, esses foram adicionados à betoneira junto com o substrato, a qual foi ligada por 5 minutos para homogeneização (Figura 3).

FIGURA 3 – BETONEIRA USADA PARA HOMEGENIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS COM AS ADUBAÇÕES



Após essa operação, foram coletadas amostras de 1000 mL, as quais foram acondicionadas em sacos de papel, para posterior análise das características físicas e químicas dos substratos.

O enchimento dos tubetes foi realizado despejando-se a mistura pronta da betoneira sobre uma bandeja contendo os tubetes, a qual encontrava-se sobre uma mesa vibratória que, ligada por 30 segundos, permitiu a acomodação do substrato no tubete. Esta operação foi realizada três vezes para cada tratamento (Figura 4).

FIGURA 4 – MESA VIBRATÓRIA UTILIZADA PARA ACOMODAÇÃO DO SUBSTRATO NOS TUBETES



Prontas as bandejas, foi realizada a semeadura, sendo colocadas duas sementes de pessegueiro-bravo para cada tubete, e cerca de três sementes para a bracinga. As bandejas então foram deixadas em casa-de-germinação por um período de 30 dias, e posteriormente transferidas para a casa-de-crescimento. Após 20 dias as mudas foram transferidas a pleno sol, para rustificação (Figura 5).

FIGURA 5 – LOCAIS DE PERMANÊNCIA DAS MUDAS NO EXPERIMENTO: A - CASA-DE-GERMINAÇÃO, B – CASA-DE-CRESCIMENTO, C - AMBIENTE DE PLENO SOL



### 3.2.6 Avaliações

Foram coletadas variáveis não destrutivas através de medições quinzenais da altura e mensais do diâmetro de colo de todas as mudas. A primeira medição em altura foi iniciada após quinze dias da emergência das sementes, e do diâmetro de colo após 60 dias da emergência. Para as medições de altura foi utilizada uma régua milimetrada, sendo a medição realizada a partir do nível do substrato até a ponta da última gema apical. Já o diâmetro de colo foi determinado 1 cm acima do substrato, com auxílio de um paquímetro eletrônico digital (Figura 6).

FIGURA 6 – MEDIÇÃO DO DIÂMETRO DE COLO COM AUXÍLIO DE PAQUÍMETRO ELETRÔNICO DIGITAL



A avaliação final ocorreu 120 dias após a emergência das sementes para ambas as espécies. Nessa avaliação, além das medições de altura e diâmetro de colo, foram separadas 8 mudas de bracatinga, e 10 mudas de pessegueiro-bravo, por tratamento, para a realização das análises destrutivas (Figura 7). Essas amostras foram lavadas sobre uma peneira fina com jatos brandos de água para remoção do substrato aderido nas raízes, com coleta de segmentos de raiz retidos pela peneira (Figura 8). Após esse processo, a muda foi separada em raízes e parte aérea (Figura 9). Secas em estufa à 80°C por 72 horas, as amostras então foram pesadas separadamente em balança analítica para a determinação da biomassa seca da parte aérea, biomassa seca de raízes e biomassa seca total. Estas atividades foram realizadas no Laboratório de Ecofisiologia, localizado no setor das Agrárias da UFPR, Curitiba - PR.

FIGURA 7 – A - SELEÇÃO DE MUDAS PARA A ANÁLISE DESTRUTIVA, B - DETALHE



FIGURA 8 – A - LAVAGEM DAS RAÍZES COM JATOS DE ÁGUA, B - DETALHE

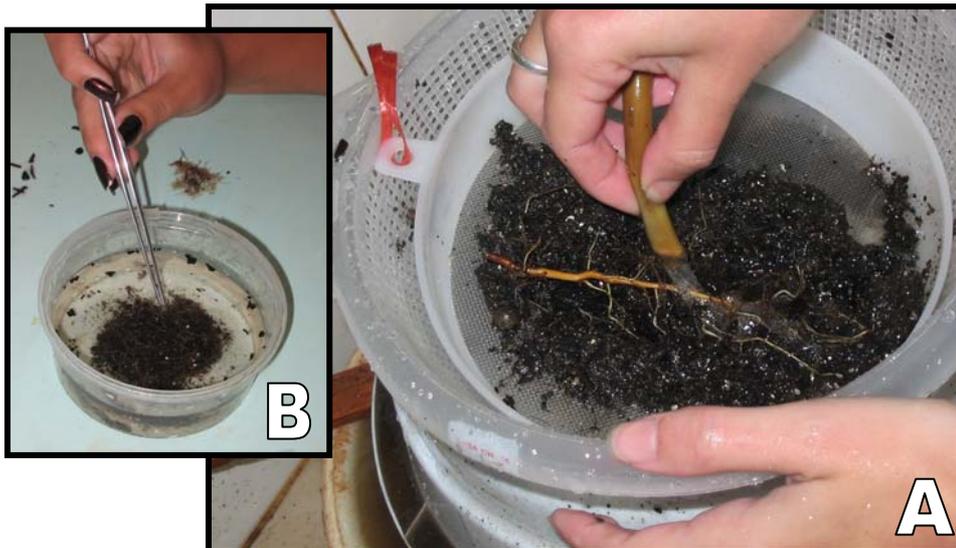


FIGURA 9 – PREPARAÇÃO DAS MUDAS PARA SECAGEM EM ESTUFA



Os parâmetros morfológicos das mudas utilizados nas avaliações dos resultados foram a altura da parte aérea (H), o diâmetro de colo (DC), a biomassa seca da parte aérea (BSPA), a biomassa seca das raízes (BSR) e a biomassa seca total (BST). Também foram obtidas relações a partir desses parâmetros: relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (H/DC), relação altura da parte aérea/biomassa seca da parte aérea (H/BSPA), relação entre a biomassa seca da parte aérea/biomassa seca de raízes (BSPA/BSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). O IQD foi determinado em função da altura da parte aérea em cm, do diâmetro de colo em mm, da biomassa seca da parte aérea e da biomassa seca das raízes, ambos expressos em gramas.

### 3.2.7 Determinação das características físicas e químicas das misturas de substratos

As características físicas e químicas dos doze tratamentos foram obtidas através da metodologia publicada em EMBRAPA (1997), a qual é a mesma metodologia utilizada para solos. As análises foram realizadas no laboratório de solos, na Embrapa Florestas.

### 3.2.8 Determinação do acúmulo de nutrientes foliares

Foram realizadas as análises de acúmulo de nutrientes foliares apenas para a espécie *Prunus sellowii*, e mudas oriundas de T1, T2, T3 e T4, devido aos altos custos dessas análises. Para cada tratamento foi constituída uma amostra composta, a qual foi preparada com folhas de 8 mudas por tratamento. As análises foram realizadas pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), Campinas - SP.

### 3.2.9 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa STATISTICA, aplicando-se a análise de variância com o teste de F e, em seguida, o teste de Tukey.

### 3.3 INSTALAÇÃO DO ENSAIO II

O segundo experimento foi instalado em junho de 2004, visando testar 2 substratos, sendo o diferencial entre eles o esterco de cavalo, em 3 adubações: sem adubação, adubação mineral convencional e com pó de basalto, em duas composições de substratos. Nesse ensaio, a adubação nitrogenada foi padronizada, não sendo utilizada em mudas de bracatinga, e aplicando-se nas mudas de pessegueiro-bravo de maneira igual em todos os tratamentos.

#### 3.3.1 Aquisição das sementes

Para cada espécie foram coletadas sementes de apenas uma árvore, procurando assim diminuir a influência genética do crescimento das mudas. As sementes de *Prunus sellowii* foram disponibilizadas pela Embrapa Florestas, as quais foram coletadas e armazenadas em câmara fria em abril de 2004, e as de *Mimosa scabrella* coletadas em março de 2004 no município de Porto União - SC.

#### 3.3.2 Substrato

Para esse ensaio foram utilizadas duas composições de substratos (Quadro 3). Em ambas foram misturados solos retirados sob árvores de *Mimosa scabrella* e *Prunus sellowii*, a fim de contaminar igualmente os substratos com micorrizas e rizóbios.

QUADRO 3 – SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO II

Substrato	Composição do substrato (v/v)
SC	90% substrato comercial (SC) a base de casca de <i>Pinus</i> sp e vermiculita 10% terra de baixo de mata
SC + EC	60% substrato comercial (SC) a base de casca de <i>Pinus</i> sp e vermiculita 30% esterco de cavalo (EC) 10% terra de baixo de mata

O esterco de cavalo utilizado no Ensaio II foi obtido na Hípica do Círculo Militar, localizada a 1,6 km de distância da Estrada da Ribeira, próximo ao km 15 dessa. O material usado constitui de esterco de cavalo com serragem, mistura essa retirada diariamente das baias dos cavalos e acondicionado em depósito (Figura 10). O material coletado para o presente trabalho pode ser considerado curtido, uma vez que estava acumulado há vários meses.

FIGURA 10 – LOCAL DE COLETA DO ESTERCO DE CAVALO, HÍPICA DO CÍRCULO MILITAR



A alimentação dos cavalos nesta hípica é essencialmente de alfafa e ração. Sobre a serragem, utilizada para as baias dos cavalos, não foi possível levantar informações de sua procedência.

A análise química desse material foi realizada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), de acordo com a metodologia de SONNEVELD, ENDE e DIJK (1974), onde obteve-se a umidade do material de 60,8%, e a análise química descrita na Tabela 2.

TABELA 2 - ANÁLISE QUÍMICA DO ESTERCO DE CAVALO

pH	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cl	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N nitrato	N amônia	C	N	Relação
	mg/L												g/kg		C/N		
6	44,6	218	90,9	62,9	54,4	11,4	30,9	0,2	0,06	1,1	0,03	0,1	177,6	5,1	165,3	14,3	11,6

### 3.3.3 Adubação

No Ensaio II foram utilizadas 3 adubações, sendo elas: sem adubação, adubação mineral convencional, e pó de basalto.

Para os tratamentos que receberam adubação mineral, esta foi subdividida em adubação de base e cobertura, conforme proposta por GONCALVES et al. (2000), e descrito na Tabela 1. Porém, diferentemente do Ensaio I, no Ensaio II a aplicação de nitrogênio nas adubações foram padronizadas para todos os tratamentos, uma vez que o pó de basalto não possui esse nutriente. Para a espécie *Prunus sellowii*, todos os tratamentos receberam N tanto na adubação de base como de cobertura. Já para a espécie *Mimosa scabrella*, por ser uma leguminosa, não foi aplicado N em nenhum momento do experimento.

Assim, a adubação de cobertura foi realizada com N e K para a espécie *Prunus sellowii*, com 5 aplicações realizadas em intervalos de 10 dias. Porém, o elemento K somente foi fornecido em adubações de cobertura alternadas, devido a menor lixiviação desse nutriente e recomendação de GONÇALVES et al. (2000). Já para a espécie *Mimosa scabrella*, a adubação de cobertura foi realizada somente com o elemento K, com 3 aplicações e intervalos de 20 dias para cada uma. A adubação de cobertura foi realizada com auxílio de um regador (Figura 11).

FIGURA 11 – APLICAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE COBERTURA EM MUDAS DE *Prunus sellowii*



A quantidade de pó de basalto utilizada no Ensaio II foi calculado da mesma forma que no Ensaio I, utilizando-se 15 g de pó de basalto por tubete ( $150 \text{ kg/m}^3$ ).

### 3.3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O Ensaio II foi disposto em esquema fatorial (2) substratos x (3) adubações, perfazendo 6 tratamentos por espécie, dispostos em delineamento de blocos ao acaso com sete repetições para a espécie bracinga, e 6 repetições para pessegueiro-bravo, e nove plantas úteis por parcela. A bordadura foi constituída de uma linha de plantas em cada extremidade do bloco (bandeja).

As combinações das misturas de substratos, com as adubações, resultaram os tratamentos apresentados no Quadro 4.

QUADRO 4 – TRATAMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO II PARA AS ESPÉCIES *Mimosa scabrella* e *Prunus sellowii*

TRATAMENTOS	<i>Mimosa scabrella</i>	<i>Prunus sellowii</i>
T1	SC	SC + N
T2	SC + P.K.	SC + N.P.K.
T3	SC + PÓ DE BASALTO	SC + PÓ DE BASALTO + N
T4	SC + EC	SC + EC + N
T5	SC + EC + P.K.	SC + EC + N.P.K.
T6	SC + EC + PÓ DE BASALTO	SC + EC + PÓ DE BASALTO + N

Nota: SC – substrato comercial a base de Pinus sp e vermiculita, EC – esterco de cavalo, N – nitrogênio, P – fósforo, K – potássio.

### 3.3.5 Instalação e condução do experimento

A instalação do Ensaio II seguiu as etapas realizadas no Ensaio I no que diz respeito à mistura dos substratos, enchimento dos tubetes e semeadura. No entanto, as bandejas foram colocadas diretamente na casa de crescimento, ambiente esse com melhores condições de vedação do que a casa de germinação, necessário por ser época do inverno. As mudas foram transferidas para pleno sol um mês antes de ser realizada a avaliação final.

### 3.3.6 Avaliações

Para as variáveis não destrutíveis, as mudas foram medidas quinzenalmente em altura, sendo a primeira medição realizada 30 dias após a emergência, e mensal para o diâmetro de colo, iniciando 60 dias após emergência.

Nesse experimento, a avaliação final ocorreu aos 135 dias após a emergência para ambas as espécies, quando então foram realizadas coletas de 12 mudas por tratamento e por espécie para realização das análises destrutivas. Essas foram obtidas da mesma forma que no Ensaio I.

### 3.3.7 Determinação das características físicas e químicas dos substratos

As características químicas dos seis tratamentos foram realizadas pelo Laboratório de Solos das Agrárias – UFPR, obtidas através da metodologia publicada em EMBRAPA (1997).

Para a análise física, procurou-se utilizar uma metodologia mais adequada para substratos. Assim, no Laboratório de Solos das Agrárias – UFPR, foram determinadas características de densidade de partícula (álcool e balão volumétrico); densidade aparente pelo método da proveta; e a granulometria seca por peneiramento. A metodologia utilizada foi de acordo com EMBRAPA (1997).

As características de EC (condutividade elétrica), N-nitrato, N-amônia, Nitrogênio total, matéria orgânica e C orgânico foram obtidas através do método holandês desenvolvido por SONNEVELD, ENDE e DIJK (1974), sendo realizadas pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), Campinas – SP.

### 3.3.8 Determinação do acúmulo de nutrientes foliares

A determinação dos nutrientes presentes nas folhas foi realizada apenas na espécie *Prunus sellowii*, a partir de amostras compostas constituídas de 8 mudas, e para todos os tratamentos. As análises foram realizadas pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), Campinas – SP.

### 3.3.9 Análise estatística

As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas com o auxílio do programa STATISTICA, procedendo-se a análise de variância dos dados a nível de significância de 5% de probabilidade de F, sendo realizado o Teste de Tukey.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PÓ DE BASALTO

O pó de basalto utilizado no presente trabalho provém do resíduo de pedreira, cujo produto principal é a brita. Logo, nesse resíduo aparecem misturas de pós de rocha retiradas de diferentes camadas na pedreira. Para caracterizar a rocha *in natura*, foi realizada a Análise Petrográfica de Rochas de duas amostras, extraídas das camadas de maior expressão (Figura 12 e 13). A camada mostrada em “A” é caracterizada pela maior presença de amígdalas.

FIGURA 12 – LOCAL DE ORIGEM DAS AMOSTRAS A E B

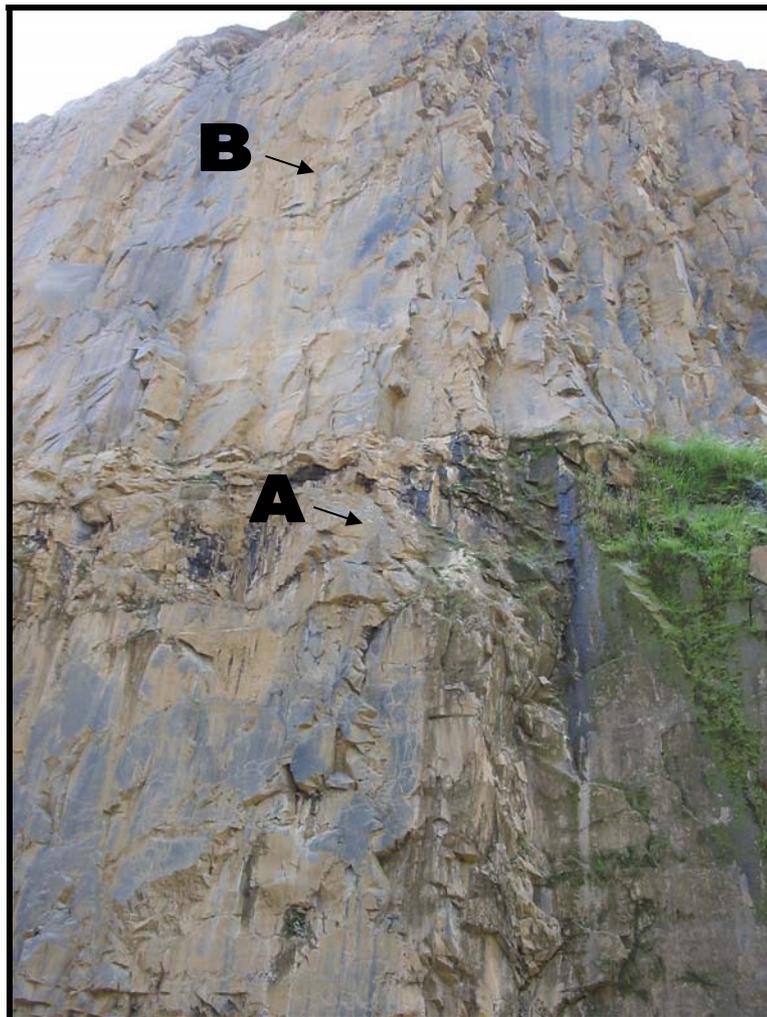
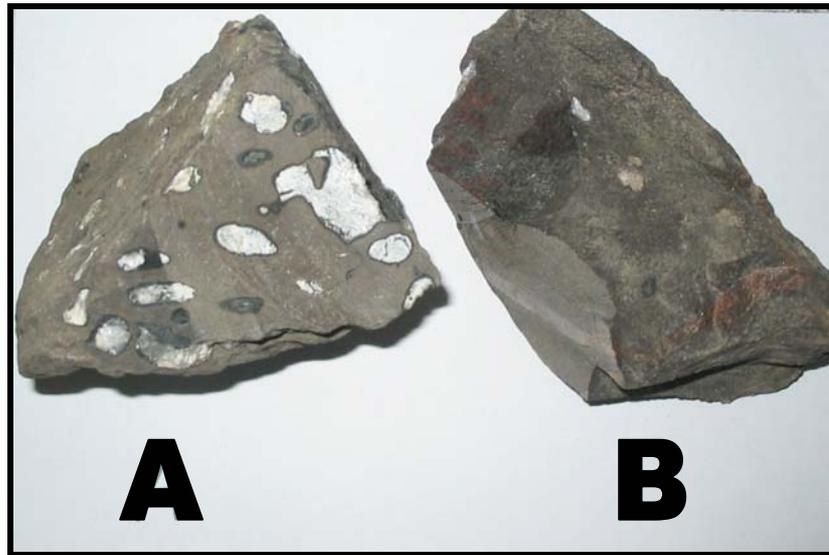
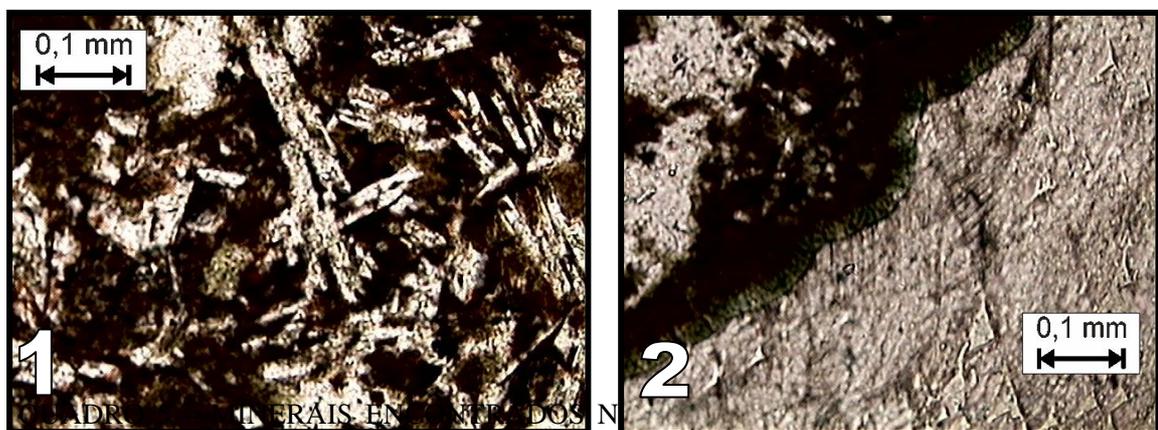


FIGURA 13 – AMOSTRAS DE ROCHAS ENVIADAS PARA ANÁLISES



A Amostra “A” foi classificada como basalto, de textura afanítica e estrutura variolítica marcada pela presença de amígdala e vesículas na rocha. As amígdalas perfazem aproximadamente 25% da rocha, possuindo dimensões entre 0,3 e 3 cm de comprimento, ovais, preenchidas com calcita, revestidas por calcedônia e encontram-se dispersas por toda a rocha. Observou-se nessa amostra um certo grau de alteração, principalmente nas amígdalas preenchidas por carbonato e nos cristais de piroxênio e anfibólio, os quais tem como produto os argilominerais presentes na rocha (Figura 14). A mineralogia da Amostra A pode ser verificada no Quadro 5.

FIGURA 14 – IMAGEM MICROGRÁFICA EM LUZ POLARIZADA: 1 – DEMONSTRANDO A TEXTURA DA ROCHA. 2 – DETALHE DO CARBONATO QUE PREENCHE AS AMÍGDALAS EXISTENTES NA ROCHA.

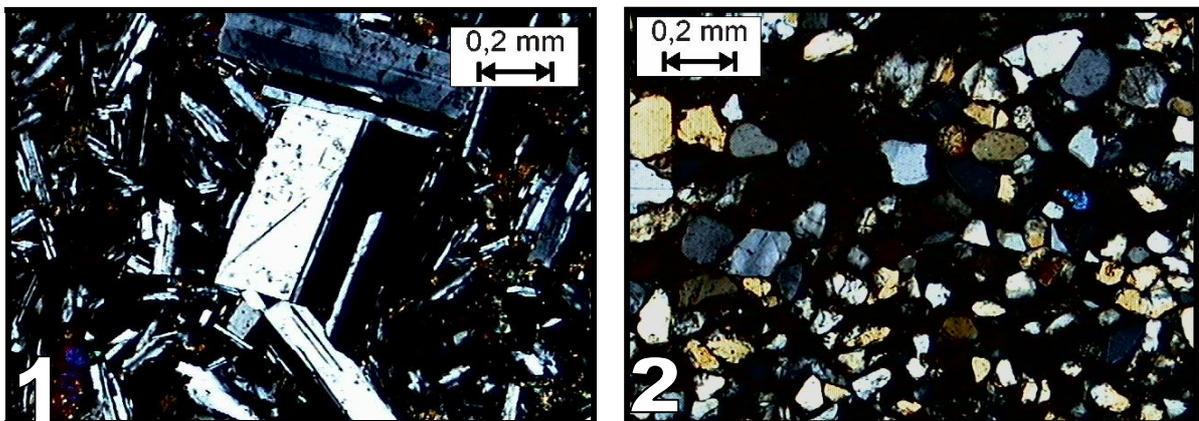


ANÁLISE PETROGRÁFICA DE ROCHAS NA AMOSTRA “A”

MINERAL	AMOSTRA “A” (%)	COMPOSIÇÃO QUÍMICA
Plagioclásio (Oligoclásio)	30	(Na,Ca)AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Anfibólio (Actinolita)	20	Ca <sub>2</sub> (Mg,Fe) <sub>5</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>
Argilominerais	15	-
Calcita	15	CaCO <sub>3</sub>
Opacos (Hematita)	10	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Piroxênio (Augita)	10	(Ca,Na) (Mg,Fe,Al,Ti)(Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
Clorita	traços	Mg, Sl, Fe

A Amostra “B” (Quadro 6) também foi classificada como basalto, com textura fanerítica equigranular fina, ou seja, com presença de minerais apenas de granulação fina. Apresenta estrutura variolítica marcada pela presença de amígdalas, as quais perfazem aproximadamente 5% da rocha e dimensões de 0,1 a 0,6 cm, preenchidas por carbonato e quartzo. Nessa amostra não foi encontrado grau de alteração (Figura 15).

FIGURA 15 – IMAGEM MICROGRÁFICA EM LUZ POLARIZADA: 1 – DETALHE DOS CRISTAIS DE PLAGIOCLÁSIO, 2 – EVIDÊNCIA DA RELAÇÃO MINERALÓGICA DO NÍVEL DIFERENCIADO DA ROCHA .



QUADRO 6 – MINERAIS ENCONTRADOS NA ROCHA DE BASALTO ATRAVÉS DA ANÁLISE PETROGRÁFICA DE ROCHAS NA AMOSTRA “B”

MINERAL	AMOSTRA “B” (%)	COMPOSIÇÃO QUÍMICA
Plagioclásio (Oligoclásio e Andesina)	45	(Na,Ca)AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Piroxênio (Egirina Augita)	25	MgSiO <sub>3</sub>
Quartzo	15	SiO <sub>2</sub>
Anfibólio (Hornblenda)	15	Si, Ca, Na, Mg, Fe, Al
Feldspato potássico (Microclínio)	traços	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>

Na Tabela 3 encontram-se os resultados da análise química total de 2 amostras de pó de basalto.

TABELA 3 - ANÁLISE QUÍMICA TOTAL DO PÓ DE BASALTO

Mineral		Amostra A	Amostra B
SiO <sub>2</sub>	(%)	53,62	52,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(%)	13,47	13,74
TiO <sub>2</sub>	(%)	1,19	1,15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(%)	11,20	11,85
CaO	(%)	9,00	8,96
MgO	(%)	4,83	5,04
K <sub>2</sub> O	(%)	1,17	1,11
Na <sub>2</sub> O	(%)	2,95	3,03
MnO	(%)	0,19	0,18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	(%)	0,20	0,20
S	(mg/dm <sup>3</sup> )	139	135
Zr	(mg/dm <sup>3</sup> )	1	1
Nb	(mg/dm <sup>3</sup> )	31	31
Y	(mg/dm <sup>3</sup> )	12	12
Rb	(mg/dm <sup>3</sup> )	<001	18
Ba	(mg/dm <sup>3</sup> )	169	132
Cu	(mg/dm <sup>3</sup> )	71	31
Zn	(mg/dm <sup>3</sup> )	93	105
p.f	(%)	1,85	1,80
soma	(%)	99,68	99,76

Pela Tabela 3, os conteúdos de Si e Al são dominantes, seguidos de ferro e do cálcio. Esses elementos são comuns nos aluminossilicatos de basalto (TURNER; VERHOOGEN, 1960). A presença de cálcio é devido à presença de calcita, material esse que preencheu as amígdalas no momento do resfriamento da rocha. Também são observadas quantidades expressivas de Mg, K e P. Possivelmente o Mg é proveniente da augita, olivina, clorita e/ou biotita (GOMES et al., 2000), o K dos feldspatos (RAIJ, 1991) e o P das apatitas (RESENDE et al., 2002).

Os micronutrientes encontrados no pó de basalto, e considerados nutrientes para as plantas em ordem de quantidade foram: ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), manganês (MnO), enxofre (S), cobre (Cu) e zinco (Zn).

Metais considerados tóxicos às plantas por MALAVOLTA (1989), como bromo (Br), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), flúor (F), iodo (I), níquel (Ni) e selênio (Se) para determinadas espécies, não foram detectados na análise química total do pó de basalto (Tabela 3).

Na Tabela 4, são apresentados os resultados obtidos através da análise granulométrica integrada por peneiramento e difração de laser.

TABELA 4 – GRANULOMETRIA EM PORCENTAGEM DO PÓ DE BASALTO

Malhas (TYLER)	Abertura (mm)	% Peso	% Acumulada acima	% Acumulada abaixo
8	2,360	0,45	0,45	99,55
14	1,180	7,08	7,53	92,48
42	0,355	26,38	33,90	66,10
80	0,180	12,19	46,09	53,91
170	0,090	2,05	48,14	51,86
250	0,063	2,26	50,40	49,60
325	0,044	2,99	53,39	46,61
400	0,036	1,92	55,31	44,69
500	0,028	3,55	58,86	41,14
635	0,020	5,51	64,37	35,63
	0,010	10,75	75,12	24,88
	0,006	6,16	81,28	18,72
	0,003	6,80	88,08	11,92
	0,001	7,86	95,94	4,06
menor 0,001	0,000	4,06	100	0

Através Tabela 4, obteve-se a granulometria média de 20,98 mm, sendo que a maior porcentagem do material, ou seja, 26,38%, ficou retido na peneira de malha 42, a qual possui diâmetro de seus poros de 0,355 mm. Nota-se também que 66,1% do material passou nas peneiras mais finas que a de 0,355 mm, e 11,92% do material possui diâmetro das partículas igual ou menor que 0,001 mm (Figura 16). GIESSMANN afirma que quanto menor a granulometria, melhor será a atividade e a área de superfície do pó de basalto, recomendando granulometria menor que 0,01 mm.

FIGURA 16 – ASPECTO DA GRANULOMETRIA DO PÓ DE BASALTO



## 4.2 ENSAIO I

### 4.2.1 Caracterização dos componentes do substrato

Os resultados das análises químicas dos doze tratamentos testados são expostos na Tabela 5.

TABELA 5 - ANÁLISE QUÍMICA DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO I

TRATAMENTO		pH		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> / Al <sup>3+</sup>	P	Na <sup>+</sup>
Substrato	Adubação	CaCl <sub>2</sub>	SMP	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					mg/dm <sup>3</sup>	
SC	Sem adubação	4,75	5,67	7,99	3,35	1,9	0,55	6,53	684,3	76
	N.P.K.	4,74	5,63	7,66	4,35	2,72	1,45	6,82	818,7	97
	N.P.K. + micro	4,76	5,72	6,23	7,39	2,32	1,44	6,25	818,7	104
	Pó de basalto	5,18	5,94	9,01	5,42	2,26	0,57	5,23	780,9	151
SC + FC + HM (6:3:1)	Sem adubação	5,30	6,17	6,55	5,53	2,78	0,57	4,20	747,3	97
	N.P.K.	5,32	6,03	6,74	6,47	3,27	0,93	4,79	801,9	99
	N.P.K. + micro	5,29	5,99	8,40	7,98	2,73	1,15	5,01	787,2	94
	Pó basalto	5,67	6,22	10,37	5,84	2,94	0,20	4,02	648,6	166
SC + FC + HM (3:1:1)	Sem adubação	5,50	6,10	8,36	8,22	2,78	0,44	4,59	822,9	102
	N.P.K.	5,48	6,07	9,68	7,98	2,67	0,84	4,59	787,2	92
	N.P.K. + micro	5,57	6,24	10,39	6,38	2,33	0,55	4,02	839,7	96
	Pó de basalto	5,76	6,30	11,68	7,35	2,67	0,05	3,84	636,0	159

Os dados de pH CaCl<sub>2</sub>, Ca, Mg, K e P foram comparados com escala proposta por GONÇASVES e POGGIANI (1996). Nessa escala, são considerados adequados os valores de pH CaCl<sub>2</sub> entre 5,5 e 6,5, Ca trocável entre 10 e 20 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, Mg total entre 5 e 10 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, K trocável entre 3,0 e 10 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e, o P resina entre 400 e 800 mg/dm<sup>3</sup>.

O pH CaCl<sub>2</sub> não foi considerado alto em nenhum tratamento utilizado no Ensaio I. No entanto, para todas as adubações no substrato SC, exceto quando adicionado pó de basalto, os valores de pH CaCl<sub>2</sub> são considerados baixos pelo mesmo autor. Substrato ácido significa que há grande quantidade de íons H<sup>+</sup>, pouco cálcio, magnésio e potássio, e as vezes excesso de alumínio e manganês (MALAVOLTA, 1989). WENDLING e GATTO (2002) afirmam que em substratos com pH abaixo de

5,0 podem aparecer sintomas de deficiência de N, K, Ca, Mg e B. TOME JUNIOR (1997) complementa que abaixo de 5,0, haverá deficiência também de P e toxidez de Al, Mn e Zn. USEPA (1997)<sup>17</sup> citado por BONNET (2001), explica que em meios ácidos tendem a ocorrer lixiviação de nutrientes, principalmente Ca, Mg e K, enquanto meios alcalinos tendem a inibir a movimentação desses nutrientes no solo.

A correção do solo através da elevação do pH, além de fazer com que alguns nutrientes sejam mais disponíveis às plantas, também atua na melhora das condições físicas, estimulando a atividade microbiana, e em caso de árvores leguminosas, melhora a fixação simbiótica do nitrogênio (BELLOTE; NEVES, 2001).

Nos demais substratos, ou seja SC + FC + HM (6:3:1) e SC + FC + HM (3:1:1), a adição de pó de basalto também proporcionou aumento de pH. Resultados positivos utilizando farinha de rocha para correção de pH, entre eles com pó de basalto, foram encontrados por KAVALERIDZE (1978), THEODORO (2000) e KIEHL (2002). Já KUDLA, MOTTA e KUDLA (1996), os quais estudaram o uso do pó de basalto aplicado em cambissolo álico, afirmam que o uso do referido pó na correção da acidez em solos com alto poder tampão é pouco provável, visto as altas doses necessárias. Mas, comparando a análise química do pó de basalto utilizado por esse autor e o utilizado no presente trabalho (Tabela 3), observa-se ser essa última cerca de 4 vezes mais rica em cálcio (1,75 contra 8,96%) e conter 2 vezes mais magnésio (2,25 contra 4,83%). Portanto, o pó de basalto, quando utilizado em pesquisas experimentais, deve ser muito bem caracterizado quanto à sua composição, pois há variações dependendo da sua origem.

Pela Tabela 5, observa-se também que o húmus de minhoca influenciou para elevação do pH, principalmente quando utilizado na proporção de 20%, ou seja, no substrato SC + FC + HM (3:1:1). LONGO (1987) e GONÇALVES e POGGIANI (1996) afirmam que o húmus de minhoca favorece o equilíbrio do pH, pois o produto resultante da ação das minhocas na matéria orgânica é neutro, visto as minhocas possuírem glândulas calcíferas.

---

<sup>17</sup> UNIDED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Land application of biosolids: Process design manual. Cincinnatti, EPA, 1997. 290p.

Na Tabela 5, observa-se que apenas três tratamentos atingiram valores adequados de cálcio: SC + FC + HM (6:3:1) + pó de basalto, SC + FC + HM (3:1:1) + N.P.K. + micro e SC + FC + HM (3:1:1) + pó de basalto. Desse modo, a contribuição do pó de basalto quanto ao elemento cálcio fica evidenciada, beneficiando a elevação do pH. Outra vantagem do cálcio, e provavelmente do magnésio é na menor lixiviação de potássio.

SOUSA (2000) estudando o crescimento de mudas de *Euterpes oleracea* sob diferentes condições de nutrição mineral, observou que quando o elemento cálcio foi adicionado, promoveu aumentos na produção de matéria seca total. TAIZ e ZEIGER (2004), afirmam que isso ocorre porque o cálcio atua tanto no processo de síntese de parede celular, tanto como mensageiro secundário. Nesse processo ele forma um complexo cálcio – calmodulina, o qual está envolvido na regulação de vários processos metabólicos.

Em relação ao Mg, apenas os tratamentos SC sem adubação e SC + N.P.K. apresentaram valores baixos desse elemento. Nos demais tratamentos, inclusive onde foi adicionado pó de basalto, a quantidade de Mg está adequada para substratos. 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. Não se observou valor de Mg em excesso, o que em função de seu antagonismo químico, altas concentrações de Mg poderiam induzir a deficiência de absorção de K e Ca, e vice-versa.

Para o elemento K, todos os tratamentos apresentaram valores considerados médios, com exceção do valor encontrado no tratamento composto por SC + FC + HM (6:3:1) + N.P.K., considerado alto de acordo com GONÇALVES e POGGIANI (1996). Nesse tratamento, além da adição de potássio através da adubação N.P.K, também a fibra de coco pode ter influenciado. Segundo MALVESTITI (2003), com a utilização desse material, há uma tendência à fixação de cálcio e magnésio e liberação de potássio no meio.

De acordo com a Tabela 5, observa-se que a adição de pó de basalto contribuiu para o aumento de K, sendo esses valores semelhantes ou até superiores aos tratamentos onde foram adicionadas adubações minerais. Portanto, fixa-se a importância do pó de basalto como fonte desse nutriente que, no entanto, pode não estar prontamente disponível às plantas. Assim sendo, por se tratar de cultivos irrigados, o que favorece a lixiviação dos nutrientes, a liberação mais lenta do potássio pode ser considerada benéfica para as plantas. Segundo CARNEIRO (1995), a presença excessiva de íon  $K^+$ , ou seja, potássio solúvel, pode proporcionar a deficiência de Mg.

É importante que haja um bom suprimento de potássio no substrato, pois esse elemento garante um crescimento vigoroso e saudável às plantas, com participação na abertura e fechamento de estômatos, e entre outras funções, na transpiração, o que induz a um melhor aproveitamento de água (MALAVOLTA, 1989).

Referente ao P, todos os tratamentos apresentaram valores elevados desse nutriente, os quais a maioria ainda está adequado para substrato. Contudo, os valores apresentados na Tabela 5 correspondem à quantidade de P total, e uma vez que esse nutriente sofre o fenômeno da fixação do fósforo quando em presença de matéria orgânica, necessita-se saber se ele estará disponível às plantas. E quanto maior a presença de Fe e Al, maior a fixação de P, o que vai refletir em maiores teores de fósforo total nas análises, uma vez que o P estando fixado na matéria orgânica, será mais dificilmente lixiviado (RESENDE et al., 2002). Em solos com elevados teores de matéria orgânica, portanto, pode ocorrer uma super estimativa dos valores de fósforo extraídos por Mehlich 1 (PREVEDELLO; KRIEGER; MOTTA, 2003).

No substrato, é desejável que haja bastante disponibilidade de P, porque mesmo que a planta necessite de uma menor quantidade desse elemento em relação aos elementos N e K, o fósforo apresenta-se pouco solúvel devido ao fenômeno de fixação citado. Para GONÇALVES et al. (2000), nas plantas o P é um elemento essencial, pois melhora todo o seu sistema radicular. Segundo VILELA e ANGHINONI (1984), a elevada concentração de P induz a formação de um sistema radicular mais longo e com raízes mais finas, que seriam mais eficientes na absorção de nutrientes do solo.

LIRA (1990), estudando um substrato comercial composto de casca de *Pinus* sp moída e vermiculita, compostada e enriquecida, obteve nesse substrato maiores teores de P e Ca e maior crescimento de limoeiro Cravo, em relação aos demais substratos testados.

No entanto, o Al pode prejudicar a solubilidade de fósforo através da formação de complexos que se precipitam como fosfato de alumínio na superfície da raiz, forma na qual a planta não o aproveita diretamente. Pode também inibir a absorção de cálcio principalmente pelo bloqueio ou competição nos sítios de troca (MARSCHNER, 1995).

Segundo classificação de OLEYNIK et al. (2004), em solos os teores de Al são considerados baixos para valores menores que  $0,5 \text{ cmol/dm}^3$ , médios para valores entre  $0,5$  e  $1 \text{ cmol/dm}^3$  e altos quando os níveis de Al forem superior a  $1 \text{ cmol/dm}^3$ . Assim, apenas dois tratamentos obtiveram valores de Al baixos, sendo ambos com adubação de pó de basalto, nos substratos SC + FC + HM (6:3:1) e SC + FC + HM (3:1:1). De acordo com CARNEIRO (1995), a presença de Al está diretamente relacionada ao pH, onde, em geral, os substratos ácidos estão associados a maior presença de Al.

Também pode-se verificar que, conforme foi sendo reduzida a adição do substrato à base de casca de *Pinus sp* e vermiculita e adicionados outros materiais, as quantidades de Al foram reduzidas, principalmente quando adicionado húmus de minhoca.

Em relação ao nutriente Na, observou-se maiores quantidades desse elemento nos tratamentos onde foram aplicados pó de basalto. Segundo MALAVOLTA (1989), as funções do Na dentro das plantas ainda não são bem conhecidas, sendo aceito que dependendo da planta, o Na pode substituir o K.

Assim, em termos químicos, mesmo que certos nutrientes foram considerados baixos em alguns tratamentos, como o Ca, e altos em outros, como o P, no geral, as características químicas de todos os tratamentos estão adequadas para produção de mudas. A maior diferenciação entre os tratamentos está relacionada aos elementos Al e Ca, nutrientes esses que afetaram o pH. Em termos de acidez, os tratamentos onde foram adicionados pó de basalto proporcionaram pH mais adequado à produção de mudas, pela elevação do mesmo. Também, nos tratamentos onde foi aplicado pó de basalto, não se verificou deficiência nem toxidade dos demais nutrientes.

Os resultados das análises físicas dos doze tratamentos testados estão expostos na Tabela 6.

TABELA 6 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO I

TRATAMENTO		MO	Areia	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
Substrato	Adubação	g/dm <sup>3</sup>	g/100g				
SC	Sem adubação	595,3	5	4	1	18	2
	N.P.K.	577,9	6	4	2	16	3
	N.P.K. + micro	506,2	5	4	1	18	3
	Pó de basalto	410,0	16	12	4	22	4
SC + FC + HM (6:3:1)	Sem adubação	450,6	13	11	2	19	9
	N.P.K.	456,9	20	17	3	16	8
	N.P.K. + micro	464,3	11	9	2	18	8
	Pó de basalto	367,5	17	15	2	23	9
SC + FC + HM (3:1:1)	Sem adubação	337,4	16	14	2	17	12
	N.P.K.	399,0	19	16	3	16	10
	N.P.K. + micro	447,6	17	14	3	19	12
	Pó de basalto	330,0	24	21	3	22	12

Pela Tabela 6 observou-se que dentre as três misturas de substratos, o SC apresentou menores valores de areia, areia grossa e argila. Verificou-se também o aumento desses materiais à medida que se adicionou húmus de minhoca e pó de basalto nas misturas de substratos.

De acordo com ANDREOLI (1999), a partir das proporções entre as frações granulométricas de areia, silte e argila, obtém-se a textura do material, o qual afeta a movimentação da água no meio. Quanto mais fina for a textura, mais lenta será a dinâmica da água e maior será sua retenção. Neste sentido, verifica-se que quando utilizado pó de basalto, haverá maior dificuldade de infiltração da água, o que foi observado pela permanência de água na superfície do tubete. Assim, com menor velocidade de infiltração da água, o aproveitamento das regas poderá ter sido menor. Também no substrato SC + FC + HM (3:1:1) verificou-se tendência à maior retenção de água que nas demais misturas, e conseqüentemente, menor aeração. Para esses tratamentos, talvez um manejo da irrigação, com um maior número de regas por dia e em menores intensidades, poderia beneficiar a infiltração da água.

Ainda quanto à quantidade de argila, deve-se lembrar que quanto maior o teor de argila, maior é a área específica, a retenção de água, a capacidade de troca, a resistência à erosão e a fixação de P. Portanto, se por um lado a adição do pó de basalto ao substrato pode prejudicar as qualidades físicas por apresentar maiores quantidades de partículas do tamanho de argila, por outro mantém a umidade por mais tempo e permite menor lixiviação dos nutrientes, inclusive do P.

Relativo à Matéria Orgânica (M.O.), houve uma tendência à sua diminuição à medida que a quantidade de SC também foi sendo reduzida devido às misturas realizadas. Segundo RIBEIRO, GUIMARÃES e ALVAREZ (1999), a M.O. melhora a estrutura do solo agregando partículas primárias de areia, silte, argila e outros compostos do solo, originando agregados estáveis.

#### 4.2.1.1 Preço dos substratos utilizados no ensaio I

Os preços de cada componente utilizado no Ensaio I são apresentados por tonelada e por metro cúbico na Tabela 7.

TABELA 7 – PREÇO DOS COMPONENTES DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO I, POR TONELADA

MATERIAL	PREÇO DOS SUBSTRATOS (1 t)	
	R\$ (*)	US\$ (**)
Substrato comercial (SC)	245,00	96,46
Fibra de coco (FC)	879,00	346,06
Húmus de minhoca (HM)	200,00	78,74

NOTAS: \* Preços fornecidos pelos fabricantes, sem considerar o frete, em 2005.

\*\* US\$ 1,00 = R\$ 2,54 (valor de 26 abril de 2005).

Pela Tabela 7, observa-se que o húmus de minhoca é o material mais barato. No entanto, vários autores não recomendam a utilização desse material em grandes proporções na mistura de substratos. PIROLI, BORDIN e SCHUMACHER (1996), em estudo de desenvolvimento de mudas repicadas de *Cordia trichotoma* sob

diferentes doses de húmus de minhoca, constataram efeito favorável nos parâmetros altura da parte aérea e diâmetro de colo em dosagens de até 30% de húmus no substrato, e efeito prejudicial na dosagem de 40%, indicando que doses crescentes desse material trazem vantagens, até certo ponto, para o desenvolvimento dessa espécie.

A fibra de coco, por sua vez, apresentou os custos mais elevados. Para seu uso nas misturas de substratos, portanto, deverá ser feita uma análise de custo/benefício para ver se os ganhos em produção compensam o seu alto valor. Esse produto também exige alguns cuidados, como a hidratação da fibra de coco um dia antes de sua utilização.

Na Tabela 8 constam os preços dos substratos, calculados em função da porcentagem de material utilizado nos tratamentos, por tonelada.

TABELA 8 – PREÇOS DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO I, EM TONELADA

SUBSTRATOS	COMPONENTES DOS SUBSTRATOS (%)	PREÇO POR QUANTIDADE DE COMPONENTE		TOTAL POR SUBSTRATO	
		R\$/t (*)	US\$/t (**)	R\$/t	US\$/t (**)
SC	100% substrato comercial (SC)	245,00	96,46	245,00	96,46
SC + FC + HM (6:3:1)	60% substrato comercial (SC)	147,00	57,87	430,70	169,57
	30% fibra de coco (FC)	263,70	103,82		
	10% húmus de minhoca (HM)	20,00	7,87		
SC + FC + HM (3:1:1)	60% substrato comercial (SC)	147,00	57,87	362,80	142,83
	20% fibra de coco (FC)	175,80	69,21		
	20% húmus de minhoca (HM)	40,00	15,75		

NOTA: \* Preços fornecidos pelos fabricantes, sem considerar o frete, em 2005.

\*\* US\$ 1,00 = R\$ 2,54 (valor de 26 abril de 2005).

Pela Tabela 8, percebe-se que as misturas agregaram valor aos substratos, principalmente pela adição de fibra de coco. Ainda, dependendo do local que se irá utilizar os materiais citados na Tabela 7, deve-se acrescentar o valor do frete, o que poderá comprometer a utilização dos substratos.

#### 4.2.2 Características de crescimento de *Mimosa scabrella*

Pela análise de variância verificou-se diferença entre os tratamentos pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade para as características altura de plantas e diâmetro de colo (Tabelas A1 e A2). Ao se aplicar o teste de Tukey, constatou-se que as mudas se comportaram de forma diferenciada mediante os tratamentos aplicados (Tabela 9).

TABELA 9 - MÉDIAS DE ALTURA E DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

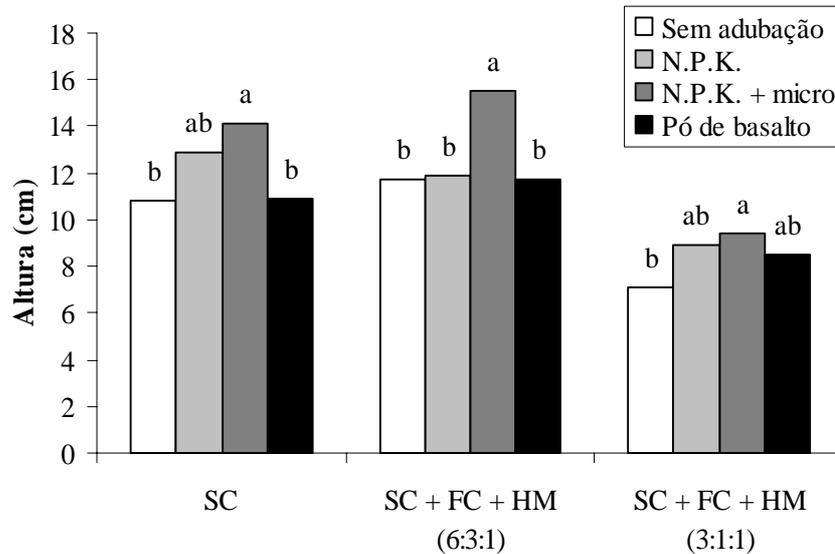
ADUBAÇÃO	SUBSTRATO		
	SC	SC + FC + HM (6:3:1)	SC + FC + HM (3:1:1)
Altura			
Sem adubação	10,82 b A	11,72 b A	7,07 b B
N.P.K.	12,85 ab A	11,90 b A	8,92 ab B
N.P.K. + micro	14,15 a A	15,24 a A	9,44 a B
Pó de basalto	10,93 b A	11,73 b A	8,53 ab B
Diâmetro de colo			
Sem adubação	1,872 ab A	1,746 a A	1,360 a B
N.P.K.	2,152 a A	1,718 a B	1,435 a B
N.P.K. + micro	2,170 a A	1,993 a A	1,487 a B
Pó de basalto	1,748 b A	1,816 a A	1,462 a A

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Pode-se observar que o fator substrato proporcionou diferença significativa dentro de todas adubações, com exceção do pó de basalto na variável diâmetro de colo. Já para adubações na variável altura, houve diferença significativa entre as adubações dentro de todos os substratos. Para a variável diâmetro de colo, apenas constatou-se diferença quando utilizado o substrato SC.

A variável altura pode ser melhor observada no Gráfico 1, onde as colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, dentro de cada substrato.

GRÁFICO 1 – ALTURA DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA



Comparando-se as adubações dentro de cada substrato, nota-se que as médias de altura foram maiores para a adubação N.P.K. + micro, seguida da adubação N.P.K., pó de basalto, e por fim, a testemunha. Apenas no substrato SC + FC + HM (6:3:1) separou-se dois grupos estatísticos bem definidos, com a adubação N.P.K. + micro sendo superior às demais. Para esse tratamento, a presença de micronutrientes, junto com a maior aeração proporcionada pela fibra de coco, podem ter favorecido o metabolismo das plantas. Segundo CARNEIRO (1995), os micronutrientes possuem importantes funções como ativadores de enzimas e auxiliares no aproveitamento dos macronutrientes, e maiores carências de micronutrientes são observadas em substratos pobres em matéria orgânica. Nesse trabalho, esse fato foi observado com a adubação com N.P.K., a qual obteve-se maiores médias no substrato SC, esse mais rico em matéria orgânica que os demais (Tabela 6).

Esses resultados contradizem os encontrados por BARROSO et al. (1998), quando estudou a produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Schinus terebinthifolius* em tubetes de 288 cm<sup>3</sup>, utilizando substrato de bagaço de cana + torta de filtro (3:2). O autor não encontrou diferença estatística nos parâmetros de altura, diâmetro de colo, área foliar, peso seco da parte aérea e peso seco de raiz quando as mudas foram submetidas à fertilização completa e com omissão de micronutrientes. As maiores médias observadas ocorreram no tratamento onde não foi adicionado micronutrientes. Já MORAES NETO et al. (2003), atribuiu a maior altura das mudas *Guazuma ulmifolia*, *Peltophorum dubium* e *Eucalyptus grandis* ao fornecimento de micronutrientes.

Mas, se por um lado destaca-se a necessidade de micronutrientes para potencializar o desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella*, observa-se que a presença desses no pó de basalto por si só não foram suficientes para o desenvolvimento igual das plantas. Nesse aspecto, outros fatores podem ter prejudicado o crescimento das mudas quando adicionado pó de basalto. Cita-se, por exemplo, a ausência do elemento N na rocha basáltica. Assim a bracinga, que é uma leguminosa, precisaria utilizar a simbiose com bactérias rizóbio para conseguir esse nutriente. Outro fator pode estar relacionado as condições físicas inadequadas proporcionadas ao substrato, quando aplicado pó de basalto, prejudicando assim a assimilação dos nutrientes.

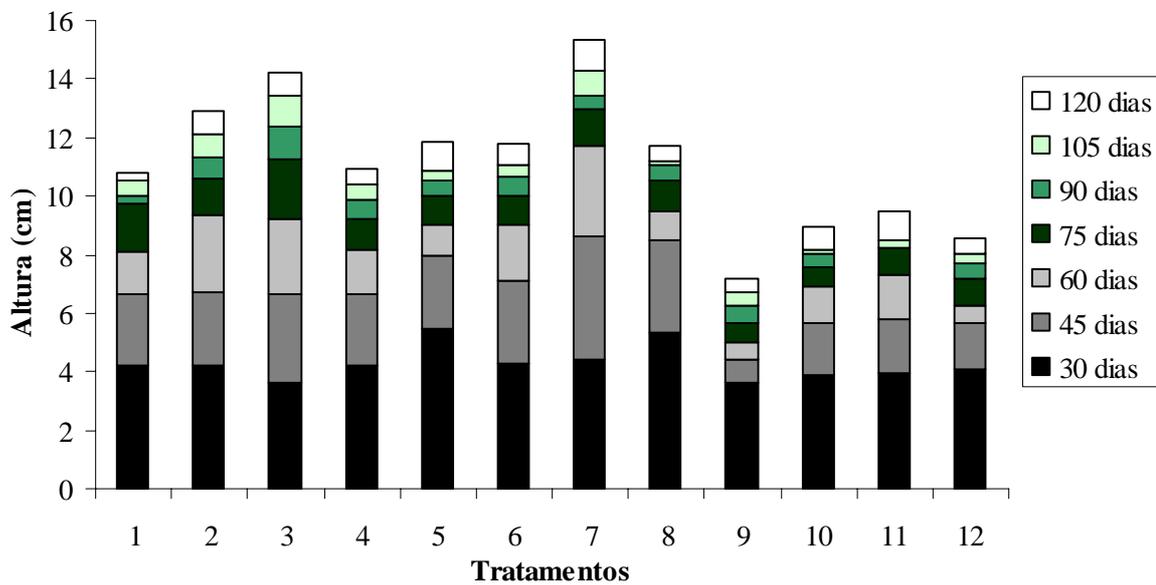
Nos tratamentos onde foram utilizados pó de basalto obteve-se médias maiores em altura em relação à testemunha em todas as composições de substrato, no entanto, sem diferença estatística. Destaque para maior diferença de crescimento das mudas adubadas com pó de basalto em relação à testemunha, quando analisadas no substrato SC + FC + HM (3:1:1).

Das formulações de substrato em relação à altura das mudas de *Mimosa scabrella*, as melhores composições foram SC e SC + FC + HM (6:3:1), as quais são significativamente superiores à composição SC + FC + HM (3:1:1) independente da adubação utilizada. A principal diferença dessa última mistura de substrato em relação às demais é a presença de 20% de húmus de minhoca, que é a maior proporção dentre as misturas. Uma vez que pela análise química do substrato SC + FC + HM (3:1:1) não se observou toxicidade e deficiência em demasia de nenhum nutriente (Tabela 5), possivelmente o que afetou o crescimento das mudas de *Mimosa scabrella* quando utilizada essa mistura foi o fator físico do substrato. Pela Tabela 6 nota-se que há um aumento de areia grossa e argila quando utilizado 20% de húmus de minhoca. Assim, com mais areia no substrato, o que também se observa nos tratamentos onde foram utilizados pó de basalto, a aeração no meio pode ter sido comprometida, prejudicando a respiração das raízes. A deficiência do oxigênio no substrato, segundo ANDRADE NETO (1998), muitas vezes, pode causar a paralisação do crescimento radicular, com injúrias ou morte desse. Essa deficiência pode ser induzida por excesso de água, baixa drenagem ou compactação do substrato.

Comparando apenas as duas primeiras composições de substratos, as maiores médias para as adubações N.P.K. + micro, pó de basalto e sem adubação foi em SC + FC + HM (6:3:1). Nessa composição foi adicionado 30% em volume de fibra de coco, componente esse que de acordo com MALVESTITI (2003), facilita a aeração no meio.

No Gráfico 2 está apresentado o crescimento das mudas de *Mimosa scabrella* nas diferentes épocas de coleta de dados, iniciando aos 30 dias após a emergência das plântulas.

GRÁFICO 2 – EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM ALTURA DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella*, NO ENSAIO I



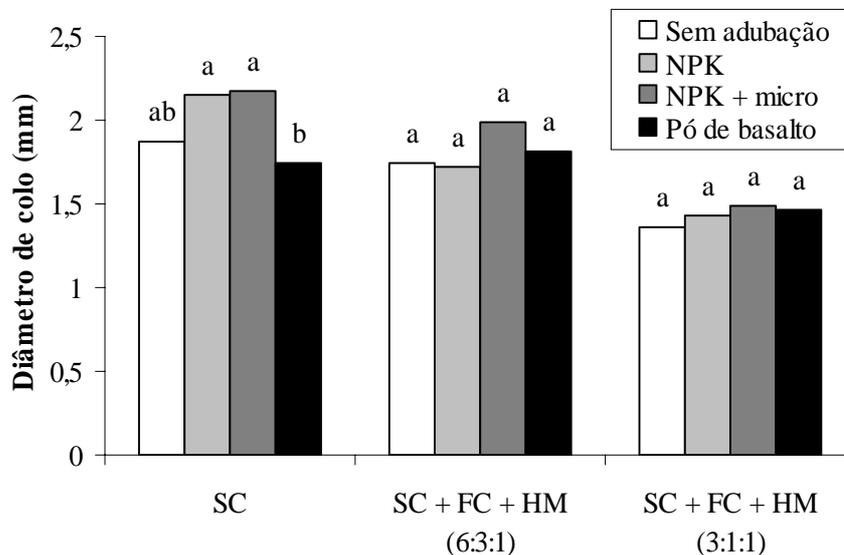
Quando analisado o crescimento em altura das mudas de *Mimosa scabrella* no decorrer do experimento (Gráfico 2), observou-se que o primeiro pico de crescimento ocorreu na coleta de dados realizada 30 dias após a emergência das plântulas, em T5 e T8, tratamentos esses onde não foram aplicadas adubações. Já T7, que obteve as maiores alturas no final do experimento, apresentou maior crescimento em altura também entre as coletas dos 45 e 60 dias. Justamente entre essas épocas foi aplicada adubação de cobertura nos tratamentos que receberam N.P.K., o que pode justificar o maior crescimento em altura dessas mudas.

Destaca-se que T9, T10, T11 e T12 os quais apresentaram crescimento reduzido desde o início do acompanhamento do crescimento em altura. Justamente nesses tratamentos foi aplicado maior proporção de húmus de minhoca no substrato.

Observa-se que a velocidade de crescimento em altura de mudas de bracatinga por mesmo período de tempo, foi diminuindo no decorrer do experimento, tendendo a estabilizar ao final.

A variável diâmetro de colo das mudas de *Mimosa scabrella*, pode ser melhor visualizada no Gráfico 3. As colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, dentro de cada fator substrato.

GRÁFICO 3 – DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

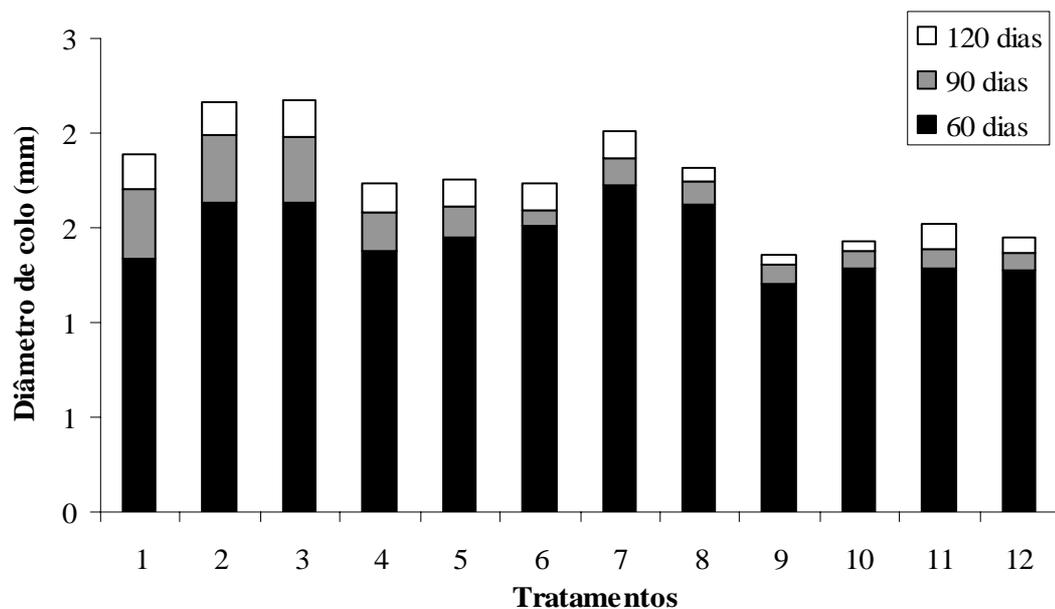


Quando analisada a variável diâmetro de colo, as médias das mudas nos tratamentos com utilização de pó de basalto, nos substratos SC + FC + HM (6:3:1) e SC + FC + HM (3:1:1), são superiores tanto à testemunha, quanto aos tratamentos que receberam N.P.K. Assim, os substratos compostos por misturas beneficiaram o crescimento das mudas de bracatinga quando adicionado pó de basalto, seja pela maior aeração proporcionada pela fibra de coco, ou a adição de bactérias e microrganismos pelo húmus de minhoca. De acordo com KHATOUNAIN (2001), muitos organismos produzem substâncias que aceleram a decomposição de rochas, liberando seus nutrientes minerais. COUTINHO (1999), aponta para os fungos e bactérias como os principais responsáveis pela liberação de minerais como o fósforo, cálcio e ferro das rochas. Esses microrganismos estão presentes no húmus de minhoca, segundo LONGO (1987).

Também na variável diâmetro o substrato SC + FC + HM (3:1:1), que possui 20% de húmus de minhoca, prejudicou o desenvolvimento das mudas de bracatinga. CALDEIRA, SCHUMACHER e TEDESCO (2000), estudando o crescimento de mudas de *Acácia mearnsii* em função de diferentes doses de húmus de minhoca, concluíram que doses crescentes desse em substrato de casca de *Pinus* sp decomposta mais vermiculita diminuem o crescimento quando aplicados acima de 40% da mistura, em tubetes de 280 cm<sup>3</sup>.

No Gráfico 4 pode ser visualizado o crescimento em diâmetro de colo das mudas de *Mimosa scabrella* em três épocas de coletas dos dados, iniciando aos 60 dias após a emergência.

GRÁFICO 4 – EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella*, NO ENSAIO I



Já na primeira coleta de dados de diâmetro de colo realizada aos 60 dias após emergência das plântulas, observa-se um maior crescimento nessa variável dos tratamentos que obtiveram melhor resultado ao final do experimento: T2, T3 e T7. Assim, os primeiros 60 dias de experimento foram decisivos para o acúmulo de incremento em diâmetro de colo em mudas de bracatinga.

Observou-se também, a diminuição do crescimento em diâmetro de colo a partir dos 60 dias de experimento, com tendência a estabilização do crescimento.

Para as características de biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca de raízes (BSR) e biomassa seca total (BST) de mudas de *Mimosa scabrella*, verificou-se diferença entre os tratamentos pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade (Tabelas A3, A4 e A5). Na Tabela 10 são apresentados as médias obtidas nas mudas de *Mimosa scabrella* nessas variáveis, submetidas ao teste de Tukey. Nota-se que tanto as composições de substratos, como as adubações, proporcionaram acumulação de biomassa distinta nas mudas de bracinga.

TABELA 10 – MÉDIAS DE BSPA, BSR E BST DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

ADUBAÇÃO	SUBSTRATO					
	SC		SC + FC + HM (6:3:1)		SC + FC + HM (3:1:1)	
Biomassa seca da parte aérea (BSPA)						
Sem adubação	0,541	b A	0,428	a AB	0,258	a B
N.P.K.	0,885	a A	0,621	a AB	0,416	a B
N.P.K. + micro	1,135	a A	0,642	a B	0,265	a C
Pó de basalto	0,396	b A	0,482	a A	0,267	a A
Biomassa seca de raízes (BSR)						
Sem adubação	0,545	b A	0,377	a B	0,266	a B
N.P.K.	0,559	b A	0,475	a A	0,309	a B
N.P.K. + micro	0,769	a A	0,486	a B	0,234	a C
Pó de basalto	0,302	c B	0,462	a A	0,251	a B
Biomassa seca total (BST)						
Sem adubação	1,087	c A	0,806	b AB	0,525	a B
N.P.K.	1,444	b A	1,096	ab B	0,725	a C
N.P.K. + micro	1,904	a A	1,129	a B	0,499	a C
Pó de basalto	0,698	d AB	0,944	ab A	0,518	a B

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

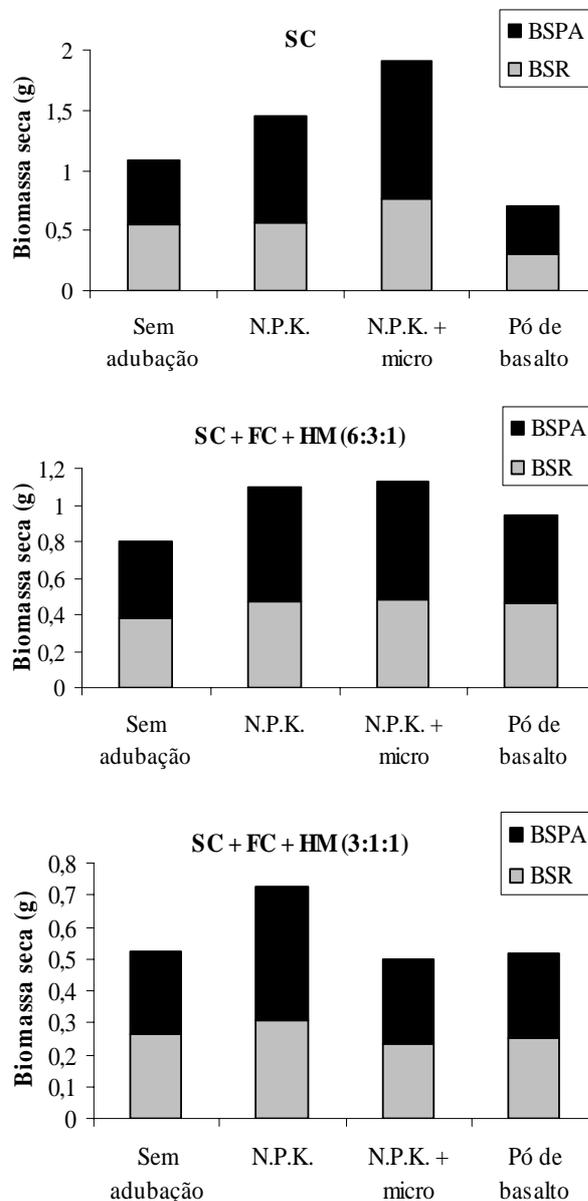
Analisando as variáveis BSPA, BSR e BST, observa-se que o substrato SC + FC + HM (3:1:1) proporcionou o menor acúmulo de matéria seca nas mudas de bracinga. Esse substrato foi inferior estatisticamente aos demais, em todas as adubações estudadas, com exceção de quando utilizado pó de basalto na variável BSPA.

Nos demais substratos, as adubações N.P.K + micro, N.P.K e testemunha, proporcionaram maiores acúmulos de BSPA, BSR e BST no SC. Nesse substrato, a adubação com pó de basalto proporcionou as menores médias em relação as demais adubações, sendo estatisticamente inferior nas variáveis BSR e BST.

No substrato SC + FC + HM (6:3:1), no entanto, a adubação com pó de basalto proporcionou médias absolutas de BSPA, BSR e BST, maiores que a testemunha. Nesse substrato, também não se verificou diferença estatística entre as adubações nas variáveis BSPA e BSR.

No Gráfico 5 são visualizados os dados de biomassa seca da parte aérea (BSPA) e biomassa seca de raízes (BSR), que juntos somam a biomassa seca total (BST).

GRÁFICO 5 – BSPA E BSR DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA



Portanto, as mudas de bracinga acumularam mais biomassa seca no SC, quando adubadas com N.P.K. + micro, N.P.K. e testemunha, e no SC + FC + HM (6:3:1), com pó de basalto. A principal diferença química nesses dois substratos está no pH, sendo o SC mais ácido. Assim, mostra a preferência da bracinga para solos mais ácidos, talvez pelo fato de alguns micronutrientes estarem mais solúveis nessa condição, como o cobre, zinco, ferro e manganês (KAMPF, 2000).

Já o melhor desenvolvimento das mudas no SC + FC + HM (6:3:1), quando aplicado pó de basalto, pode estar relacionado às melhores condições físicas proporcionadas pela adição de fibra-de-coco à mistura. Segundo MALVESTITI (2003), a fibra de coco auxilia na redução da densidade e aumenta a porosidade do substrato.

#### 4.2.2.1 Índices morfológicos para *Mimosa scabrella*

Os índices morfológicos para *Mimosa scabrella* foram calculados a partir das variáveis calculadas, como mostrado na Tabela 11.

TABELA 11 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS PARA MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I, A PARTIR DE VARIÁVEIS COLETADAS 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

TRATAMENTO		ÍNDICE			
Substrato	Adubação	H/DC	BSPA/BSR	H/BSPA	IQD
SC	Sem adubação	5,7	1,0	20,0	0,16
	N.P.K.	6,0	1,6	14,6	0,19
	N.P.K. + micro	6,5	1,5	12,5	0,24
	Pó de basalto	6,3	1,3	27,6	0,09
SC + FC + HM (6:3:1)	Sem adubação	6,7	1,1	27,6	0,10
	N.P.K.	6,8	1,3	19,0	0,13
	N.P.K. + micro	7,6	1,3	23,9	0,13
	Pó basalto	6,4	1,0	24,2	0,13
SC + FC + HM (3:1:1)	Sem adubação	5,3	1,0	27,7	0,08
	N.P.K.	6,3	1,3	21,5	0,10
	N.P.K. + micro	6,3	1,1	35,8	0,07
	Pó de basalto	5,9	1,1	32,1	0,07

O índice H/DC, resultante da divisão da altura das mudas pelo seu respectivo diâmetro de colo, é considerado uma relação de extrema importância, pois fornece indicações de quanto delgada está a muda. Quanto menor o seu valor, maior a chance de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio (GOMES; PAIVA, 2004). Assim, foram encontradas as menores relações H/DC para mudas produzidas no SC + FC + HM (3:1:1) sem a aplicação de adubação, e a maior relação em SC + FC + HM adubado com N.P.K. + micro, que correspondem ao pior e melhor tratamentos respectivamente. Se considerar, portanto, essa relação como indicativo de maior sobrevivência no campo, a muda de menor altura seria a favorecida.

Para BSPA/BSR, os resultados variaram de 1,0 à 1,6, valores esses que ficaram abaixo do recomendado por GOMES e PAIVA (2004), que sugerem valores superiores a 2. Ou seja, para mudas de bracinga produzidas no Ensaio I, a biomassa seca de raízes se aproximou bastante da quantidade de biomassa seca da parte aérea. Os únicos tratamentos que se sobressaíram nesse índice foram SC + N.P.K. e SC + N.P.K. + micro. Esses tratamentos, segundo a Tabela 10, são os que possuem as maiores médias de BSPA.

O índice H/BSPA, indica o quanto lignificadas estão as mudas. Segundo GOMES e PAIVA (2004), quanto menor o seu valor, maior a chance de sobrevivência das mudas no campo. Pela Tabela 11, verifica-se que os menores valores foram encontrados quando aplicado a adubação N.P.K.

A maioria dos trabalhos recomendam um valor mínimo de 0,20 para o IQD (GOMES; PAIVA, 2004). Nesse sentido, todos os tratamentos testados obtiveram valores menores que esse, com exceção do tratamento SC + N.P.K. + micro, com IQD de 0,24. Esse resultado corresponde justamente ao tratamento que obteve os maiores valores das variáveis estudadas. Ou seja, para mudas de bracinga, fica evidenciada a necessidade de uma adubação completa, onde a adição de micronutrientes pode ser fundamental para seu pleno desenvolvimento.

#### 4.2.3 Características de crescimento de *Prunus sellowii*

Os resultados das análises de variância ao nível de 5% pelo teste de F para as características altura e diâmetro de colo são apresentados nas Tabelas A6 e A7. Pelo teste de Tukey (Tabela 12 e Gráfico 6), observou-se efeito significativo entre as adubações para todos os substratos nos dois parâmetros avaliados. Para substrato, verificou-se diferença estatística dentro das adubações N.P.K. e N.P.K. + micro para a variável altura, e N.P.K. + micro para a variável diâmetro de colo.

TABELA 12 - MÉDIAS DE ALTURA E DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

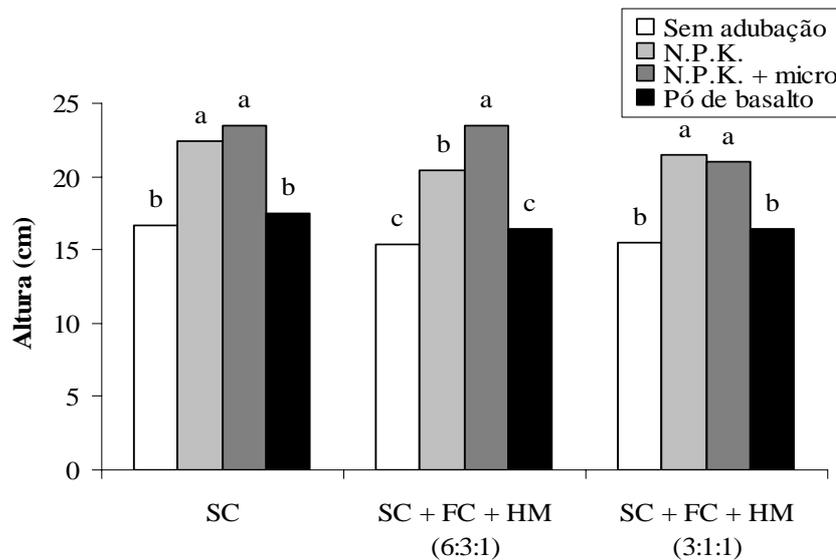
ADUBAÇÃO	SUBSTRATO					
	SC		SC + FC + HM (6:3:1)		SC + FC + HM (3:1:1)	
Altura						
Sem adubação	16,61	b A	15,41	c A	15,54	b A
N.P.K.	22,45	a A	20,42	b B	21,47	a AB
N.P.K. + micro	23,48	a A	23,50	a A	21,06	a B
Pó de basalto	17,47	b A	16,45	c A	16,41	b A
Diâmetro de colo						
Sem adubação	2,539	b A	2,508	c A	2,529	b A
N.P.K.	2,975	a A	2,909	b A	2,891	a A
N.P.K. + micro	3,037	a AB	3,128	a A	2,887	a B
Pó de basalto	2,645	b A	2,611	c A	2,624	b A

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Para mudas de *Prunus sellowii*, no geral, não se observou diferença estatística entre os três substratos. Dependendo da adubação, no entanto, o maior crescimento em altura e diâmetro de colo ocorreu quando aplicado o SC. As misturas com húmus de minhoca e fibra de coco, portanto, não beneficiaram o desenvolvimento de mudas dessa espécie. Essa informação mostra uma menor exigência para com alguns nutrientes, como K, Mg, P, Na, os quais estão menos presentes no SC do que quando realizada as misturas, conforme Tabela 5. No aspecto físico, o SC apresenta maior quantidade de matéria orgânica, e menores quantidades de areia, areia grossa e argila (Tabela 6).

Para melhor visualizar o crescimento em altura de mudas de *Prunus sellowii*, analisa-se o Gráfico 6. As colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, dentro de cada substrato.

GRÁFICO 6 – ALTURA DAS MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I, 120 APÓS EMERGÊNCIA



Quanto à altura, as mudas de pessegueiro-bravo responderam às adubações de forma muito parecida dentro de cada substrato. Maiores médias em altura foram encontradas ao se utilizar adubação composta de N.P.K. e N.P.K. + micro, dentro dos substratos SC e SC + FC + HM (3:1:1). Já no substrato SC + FC + HM (6:3:1), a adubação de N.P.K. + micro foi superior estatisticamente também à adubação somente com N.P.K.

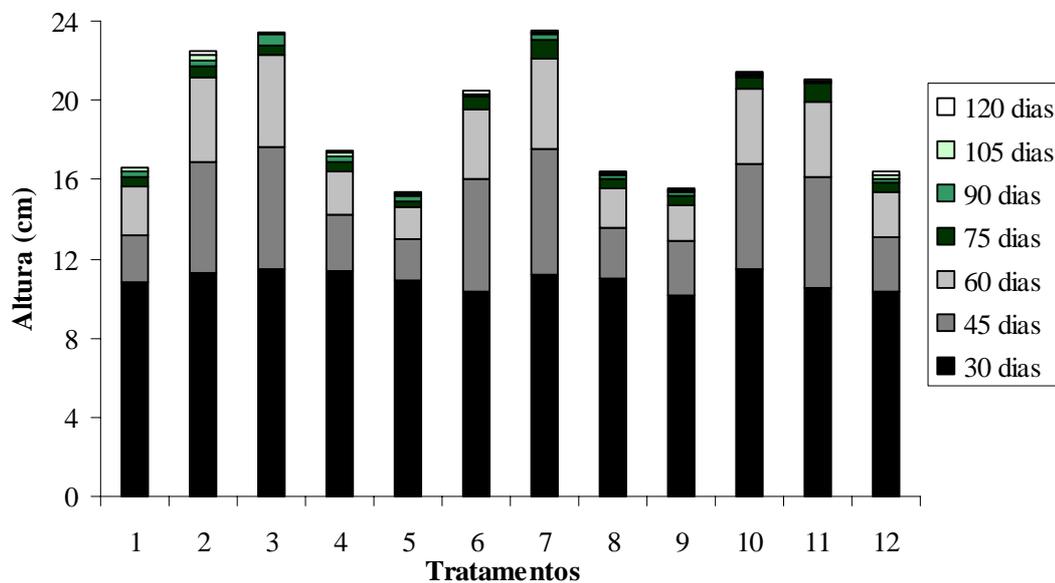
As adubações com pó de basalto e a testemunha proporcionaram crescimento menor estatisticamente em altura em todos os substratos. No entanto, em termos absolutos, as médias obtidas com o pó de basalto foram maiores das encontradas na testemunha.

Através dos resultados do Gráfico 6, observa-se que a aplicação do pó de basalto ao substrato, mesmo possuindo características químicas adequadas ao crescimento de mudas (Tabela 5), não proporcionou os melhores crescimentos das mudas de *Prunus sellowii*. O fator que pode ter prejudicado o substrato com pó de

basalto é a condição física que, pela Tabela 6, possui as maiores quantidades de partículas pequenas, prejudicando a aeração do substrato. Supõe-se que com aplicação de menores quantidades de pó de basalto no substrato, haveria uma menor influência do mesmo na porosidade, possibilitando às mudas aproveitarem adequadamente os nutrientes do pó de basalto.

No Gráfico 7 são apresentados os dados de altura das mudas de *Prunus sellowii* no decorrer do experimento.

GRÁFICO 7 – EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM ALTURA DAS MUDAS DE *Prunus sellowii*, NO ENSAIO I



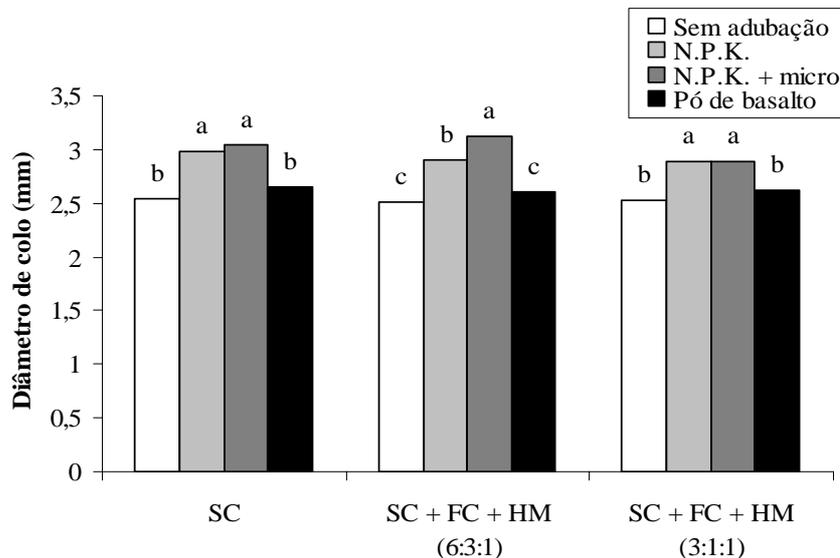
Pelo Gráfico 7, nota-se que as mudas de pessegueiro-bravo começaram a se diferenciar em altura em função do tratamento submetido, principalmente após a coleta de 45 dias após a emergência das plântulas. Nos primeiros 30 dias de crescimento em altura, as mudas obtiveram um rápido crescimento, onde todos os tratamentos passaram os 10 cm.

O que pode ter proporcionado o maior desenvolvimento em altura das mudas nos períodos entre 45 e 60 dias nos tratamentos T2, T3, T6, T7, T10 e T11, é a aplicação de adubação de cobertura realizada apenas nesses tratamentos. Para um melhor acompanhamento do crescimento de mudas quando aplicado pó de basalto, portanto, recomenda-se que sejam padronizadas as adubações em cobertura.

Todos os tratamentos produziram mudas maiores que 15 cm, altura mínima recomendada para que a muda possa ser levada a campo. No entanto, alguns tratamentos como T3 e T7 obtiveram esse valor entre os 45 e 60 dias de viveiro, enquanto outros, como T5 e T9, apenas no final do experimento.

O Gráfico 8 apresenta as médias para a variável diâmetro de colo das mudas de *Prunus sellowii* no final do experimento. As colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, dentro de cada substrato.

GRÁFICO 8 – DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

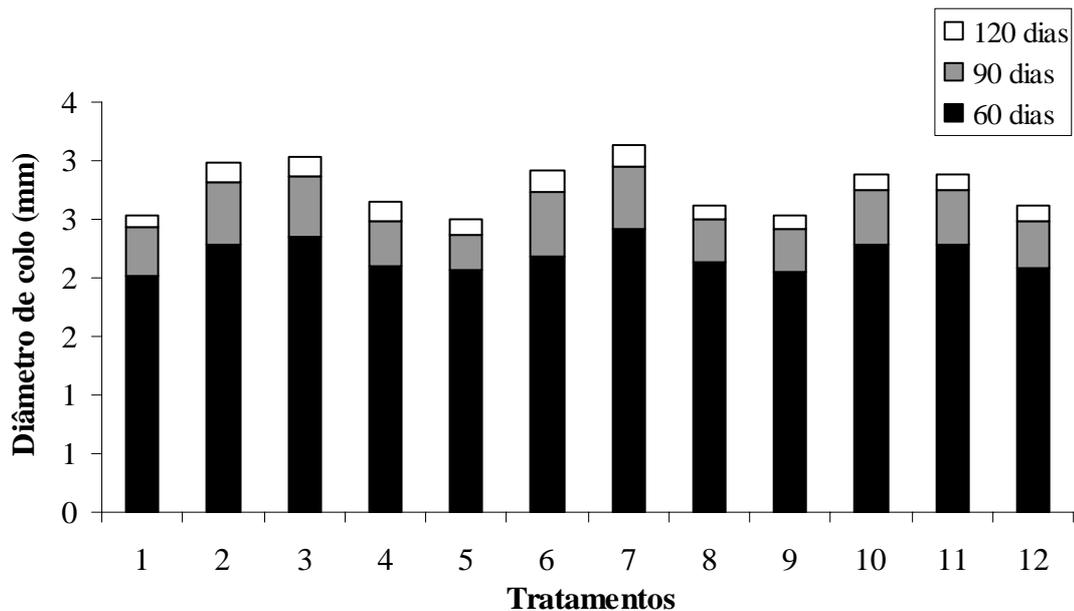


Para a variável diâmetro de colo, o substrato apenas proporcionou crescimento significativamente diferente dentro da adubação N.P.K. + micro, com as maiores médias no substrato SC + FC + HM (6:3:1), o qual difere da composição SC + FC + HM (3:1:1). A principal diferença na composição desses substratos é que no primeiro foi adicionado 30% de fibra de coco e apenas 10% de húmus de minhoca, contra 20% de fibra de coco e 20% de húmus de minhoca no segundo substrato. Ou seja, a mistura com maior proporção de fibra de coco, proporcionando uma maior aeração, favoreceu o crescimento em diâmetro de colo de mudas de pessegueiro-bravo.

Em todos os substratos verificou-se a mesma tendência estatística dentro das adubações, tanto para variável altura como para diâmetro de colo. Nos substratos SC e SC + FC + HM (3:1:1), as adubações N.P.K. e N.P.K. + micro foram significativamente superiores às demais. Já para o substrato SC + FC + HM (6:3:1), a adubação N.P.K. + micro foi significativamente superior à adubação N.P.K., e esta superior às demais. A adubação com pó de basalto proporcionou médias maiores nas mudas quando comparada com a testemunha, no entanto, sem diferença estatística.

No Gráfico 9 são apresentados as coletas de dados da variável diâmetro de colo em diferentes épocas, iniciando aos 60 dias após a emergência das plântulas de *Prunus sellowii*.

GRÁFICO 9 – EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE *Prunus sellowii*, NO ENSAIO I



Pelo Gráfico 9 nota-se que os primeiros 60 dias foram determinantes para o crescimento em diâmetro de colo das mudas de pessegueiro-bravo. A partir desse período pouco se acrescentou nessa variável, em todos os tratamentos. Observa-se também, que as mudas ao final do experimento possuíam tendência de estabilizar o crescimento, possivelmente pela restrição do espaço físico do tubete.

Todos os tratamentos proporcionaram mudas maiores que 2 mm já aos 60 dias de viveiro. Segundo FONSECA (1988), esse é o diâmetro mínimo considerado para que as mudas possam ser levadas a campo. No entanto, esse autor estudou mudas de eucalipto, e portanto, pode variar para as outras espécies.

Referente aos dados de biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca de raízes (BSR) e biomassa seca total (BST), as médias dessas variáveis submetidas ao teste de Tukey são apresentadas na Tabela 13. As análises de variância são encontradas nas Tabelas A8, A9 e A10.

TABELA 13 – MÉDIAS DE BSPA, BSR e BST DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

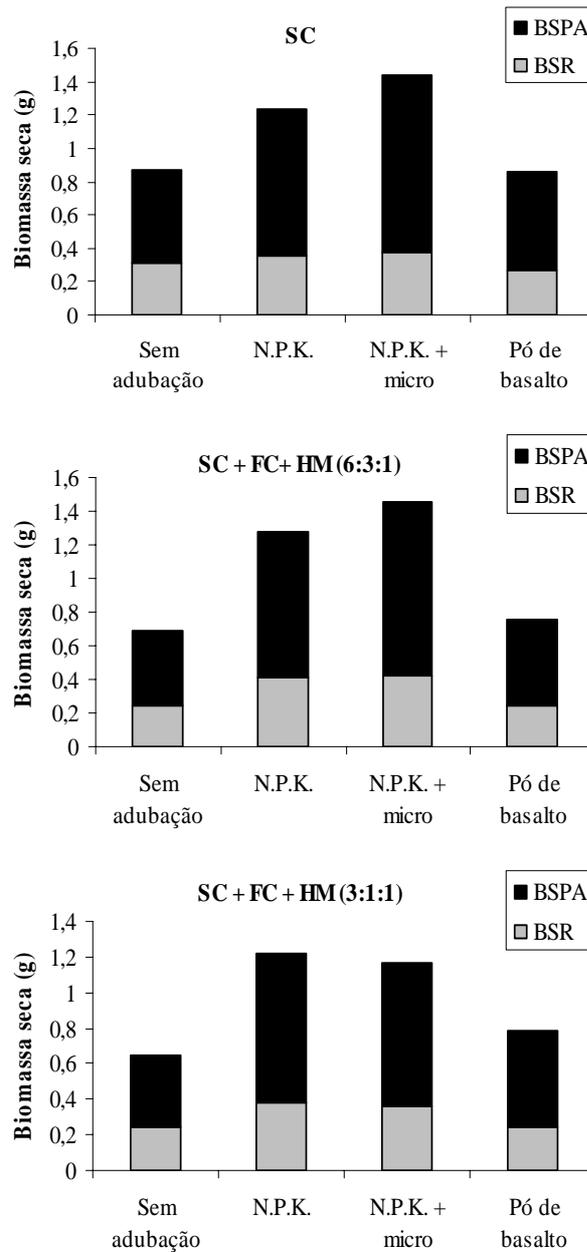
ADUBAÇÃO	SUBSTRATO					
	SC		SC + FC + HM (6:3:1)		SC + FC + HM (3:1:1)	
Biomassa seca da parte aérea (BSPA)						
Sem adubação	0,567	c A	0,449	c B	0,410	c B
N.P.K.	0,891	b A	0,877	b A	0,846	a A
N.P.K.+ micro	1,066	a A	1,033	a A	0,808	a B
Pó de basalto	0,586	c A	0,517	c A	0,532	b A
Biomassa seca de raízes (BSR)						
Sem adubação	0,308	ab A	0,241	b A	0,239	b A
N.P.K.	0,349	a A	0,406	a A	0,378	a A
N.P.K. + micro	0,373	a A	0,425	a A	0,357	a A
Pó de basalto	0,268	b A	0,243	b A	0,249	b A
Biomassa seca total (BST)						
Sem adubação	0,875	c A	0,690	c A	0,649	b A
N.P.K.	1,240	b A	1,283	b A	1,224	a A
N.P.K. + micro	1,439	a A	1,458	a A	1,165	a B
Pó de basalto	0,854	c A	0,760	c A	0,781	b A

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Comparando as adubações utilizadas nas variáveis biomassa seca da parte aérea e biomassa seca total, verifica-se que essas apresentaram a mesma tendência estatística, exceto no substrato SC + FC + HM (3:1:1). Assim, a adubação N.P.K. + micro foi superior a todas as demais nos substratos SC e SC + FC + HM (6:3:1). Na composição de substrato SC + FC + HM (3:1:1) não se observou diferença estatística entre as adubações N.P.K. + micro e N.P.K., e para a variável biomassa seca da parte aérea, a adição de pó de basalto nesse substrato, possibilitou médias maiores estatisticamente à testemunha.

No Gráfico 10 são ilustradas as médias de biomassa seca da parte aérea (BSPA) e biomassa seca de raízes (BSR), que somados apresentam a biomassa seca total (BST), de mudas de *Prunus sellowii* aos 120 dias após a emergência das plântulas.

GRÁFICO 10 – BSPA E BSR DAS MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA



Em relação aos substratos, as mudas se comportaram distintamente referente às variáveis analisadas. Assim, quando estudado o crescimento da parte aérea, melhores médias foram encontradas do SC, com diferença estatística apenas dentro da testemunha, essa diferindo das demais. Já quando se trata do sistema radicial nas adubações N.P.K. e N.P.K. + micro, as melhores médias, comparando os substratos, são encontradas na mistura SC + FC + HM (6:3:1), não havendo diferença estatística em nenhum momento.

REIS (1989) produzindo mudas de *Hevea brasiliensis* sob diferentes combinações de N, P e K em tubetes, não encontrou diferença significativa à 5%, quando aplicado N.P.K., N.P.K. + micro e a testemunha nos parâmetros altura, diâmetro de colo e peso seco da parte aérea. Já para a biomassa seca de raízes, maiores médias foram encontradas na testemunha, que diferiu estatisticamente de quando aplicado N.P.K. + micro. O autor concluiu que a quantidade de nutrientes oferecida pela adubação pode ter sido superdimensionada, devido a nenhum tratamento ter superado a testemunha. Também REIS (1991), estudando o desenvolvimento de mudas de *Hevea brasiliensis* em tubetes, com aplicação de diferentes combinações de N, P e K, encontraram as maiores alturas em N.P.K., não diferindo de quando aplicado N.P., N.K., P.K. e testemunha.

#### 4.2.3.1 Índices morfológicos para *Prunus sellowii*

TABELA 14 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS PARA MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I, A PARTIR DE VARIÁVEIS COLETADAS AOS 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

TRATAMENTO		ÍNDICE			
Substrato	Adubação	H/DC	BSPA/BSR	H/BSPA	IQD
SC	Sem adubação	6,6	1,9	28,0	0,11
	N.P.K.	7,5	2,5	24,1	0,13
	N.P.K. + micro	7,7	2,9	21,1	0,13
	Pó de basalto	6,6	2,1	29,4	0,10
SC + FC + HM (6:3:1)	Sem adubação	6,1	1,9	32,3	0,09
	N.P.K.	7,0	2,2	23,7	0,14
	N.P.K. + micro	7,5	2,5	22,7	0,15
	Pó basalto	6,3	2,1	29,8	0,09
SC + FC + HM (3:1:1)	Sem adubação	6,1	1,7	36,2	0,09
	N.P.K.	7,4	2,2	24,8	0,13
	N.P.K. + micro	7,3	2,3	25,3	0,12
	Pó de basalto	6,3	2,1	31,3	0,09

Pela Tabela 14, observa-se que os quatro índices obtiveram a mesma tendência, onde os tratamentos que receberam N.P.K + micro e N.P.K. obtiveram as menores relações H/BSPA, e as maiores relações H/DC, BSPA/BSR e IQD. Ou seja, mudas submetidas á essas adubações, independente do substrato empregado, apresentaram médias bem maiores referentes à parte aérea da muda. Basta saber se o sistema radicular destas mudas, quando colocadas a campo, conseguirão dar conta dessa maior biomassa da parte aérea.

#### 4.2.3.2 Acúmulo de nutrientes nas folhas de *Prunus sellowii*

TABELA 15 – ACÚMULO DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE *Prunus sellowii*, NAS DIFERENTES ADUBAÇÕES APLICADAS NO SUBSTRATO SC DO ENSAIO I, 120 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

ADUBAÇÃO	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/kg					mg/kg				
Sem adubação	13,9	1,7	14,1	16,0	4,3	47,5	15,5	247,0	987,0	40,0
N.P.K	13,9	2,2	12,0	18,4	4,4	45,2	6,2	331,0	976,0	41,3
N.P.K + micro	13,4	1,4	10,5	16,1	4,1	47,1	7,0	330,0	991,0	44,1
Pó de basalto	15,7	2,3	14,1	22,9	5,6	52,2	7,6	477,0	1001,0	42,0

Analisando os teores de nutrientes encontrados nas folhas de mudas de *Prunus sellowii* nas diferentes adubações, quando essas foram cultivadas no substrato SC (Tabela 15), observa-se que os maiores valores de N, P, K, Ca, Mg, B, Fe e Mn são encontrados nas mudas produzidas na adubação com pó de basalto. Uma vez que as mudas que receberam o respectivo tratamento, obtiveram crescimento das variáveis biométricas menor do que mudas que receberam N.P.K e N.P.K + micro, supõem-se que, ao serem plantadas em campo, as mudas produzidas com pó de basalto, uma vez estarem melhores supridas da maioria dos nutrientes essenciais, poderão apresentar sobrevivência e desenvolvimento superior às demais.

É interessante observar que, quando adicionado pó de basalto, além de maiores quantidade de Ca e Mg, o que já era esperado, também houve melhor absorção de N e P pelas folhas de *Prunus sellowii*. Deve-se lembrar que tanto a testemunha como os tratamentos com pó de basalto não receberam adubação nitrogenada durante o experimento. O nutriente que pode ter favorecido esse quadro é

justamente as maiores quantidades de cálcio proporcionadas pelo pó de basalto. Segundo FAQUIN (1994), o Ca está envolvido no metabolismo do N, e DEICHMANN (1967), afirma que o Ca aumenta a disponibilidade de P.

Referente a absorção de Cu pelas folhas das mudas de *Prunus sellowii*, os maiores teores são encontrados quando não aplicada adubação. Já para o elemento Zn, maiores valores são proporcionados pelo tratamento com N.P.K + micro.

Para os tratamentos com N.P.K + micro, no qual foi adicionado um coquetel de micronutrientes (“fritas”) ao substrato, a presença de maiores quantidades de micronutrientes já era esperada. No entanto, ressalta-se o pó de basalto como um potencial fornecedor de micronutrientes, entre eles B, Cu, Fe e Mn. Esses micronutrientes foram encontrados em maiores quantidades nas folhas de pessegueiro-bravo ao adicionar pó de basalto, em relação a quando aplicado “fritas”.

A testemunha obteve os menores valores de N, Ca, Fe e Zn, mostrando a necessidade da suplementação de nutrientes às plantas.

O excesso de nutrientes prontamente solúveis fornecidos isoladamente através da adubação mineral com N, P e K, segundo VOGTMANN e WAGNER (1987), influencia a absorção de outros elementos, igualmente importantes. Isso induz a um desequilíbrio de nutrientes nos tecidos das plantas.

### 4.3 ENSAIO II

#### 4.3.1 Características dos componentes dos substratos

Os resultados das determinações das análises químicas dos tratamentos utilizados no Ensaio II são expostos na Tabela 16.

TABELA 16 - ANÁLISE QUÍMICA DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO II

ANÁLISE	TRATAMENTO					
	SC	SC + P.K.	SC + pó de basalto	SC + EC	SC + EC + P.K.	SC + EC + pó de basalto
pH SMP	4,9	4,9	6,1	5,4	5,4	5,85
pH CaCl <sub>2</sub>	4,1	4,0	5,4	4,8	4,8	5,5
Ca (cmolc/dm <sup>3</sup> )	8,33	9,70	13,23	8,86	10,98	9,98
Mg (cmolc/dm <sup>3</sup> )	4,76	4,35	5,58	5,54	5,82	5,13
K (cmolc/dm <sup>3</sup> )	2,07	2,51	1,30	1,91	2,39	1,03
P (mg/kg)	682,5	722,8	388,0	682,5	768,3	266,0
Na (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,43	0,46	0,85	0,57	0,66	0,64
Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,9	1,1	0	0,7	0,6	0
H+Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	13,2	13,2	4,6	8,5	8,5	5,5
Fe (mg/kg)	32,2	29,9	31,6	12,7	13,1	36,1
Mn (mg/kg)	129	118	145	119	129	107
Cu (mg/kg)	0,9	0,8	0,4	0,7	0,9	0,4
Zn (mg/kg)	25	36	8	16	21	8
N (g/kg)	12,77	14,77	6,45	14,41	12,77	7,67

Nesse ensaio, as funções dos macronutrientes não serão abordadas, uma vez que já foram discutidos no Ensaio I.

As características de pH CaCl<sub>2</sub>, P, K, Ca e Mg contidos na Tabela 16 foram comparadas de acordo com escala proposta por GONÇALVES e POGGIANI (1996). Segundo esses autores, o pH em CaCl<sub>2</sub> deve estar entre 5,5 e 6,5, Ca trocável entre 10 e 20 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, Mg total entre 5 e 10 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, o K trocável entre 3,0 e 10 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e o P resina entre 400 e 800 mg/dm<sup>3</sup>.

Em relação ao pH  $\text{CaCl}_2$ , apenas no tratamento SC + pó de basalto são encontrados valores considerados médios, e no SC + EC + pó de basalto adequado. Nos demais tratamentos, os valores foram baixos. O fator que pode ter beneficiado o aumento do pH nos tratamentos citados foi possivelmente a adição de pó de basalto. Para esse trabalho, portanto, a aplicação de pó de basalto proporcionou elevação do pH, possibilitando que a faixa desse passasse de baixo para adequado. No entanto, autores como KUDLA, MOTTA e KUDLA (1996) não obtiveram resultados satisfatórios no controle da acidez de solos, com utilização de pó de basalto.

O grande diferencial pode estar no material de origem utilizado, uma vez que o basalto usado na presente pesquisa, conforme Quadro 4, possui uma representativa quantidade de calcita, mineral fonte de cálcio.

Conforme a Tabela 16, observa-se também que a adição de esterco de cavalo auxiliou no aumento do pH. Pela Tabela 2, percebe-se que esse material é fornecedor de Ca e Mg.

Os únicos tratamentos que obtiveram valores adequados de cálcio foram o SC + pó de basalto e o SC + EC + P.K. No entanto, no substrato SC + EC + pó de basalto, o valor de cálcio de  $9,98 \text{ cmolc/dm}^3$  está no limite das faixas entre baixo e adequado. Nos demais tratamentos, os valores de Ca são considerados baixos.

Já para magnésio, os valores mais baixos foram obtidos em SC e SC + P.K. Nos demais tratamentos, a quantidade obtida de Mg está adequada para substratos. Ressalta-se que esses dois tratamentos são os únicos que não receberam nem pó de basalto nem esterco de cavalo.

Para o elemento K, o SC + pó de basalto e SC + EC + pó de basalto obtiveram valores considerados baixos e nos demais tratamentos médios. Supõe-se estar esse nutriente preso a estruturas cristalinas quando adicionado pó de basalto, não aparecendo nas análises por não estarem prontamente solúveis às plantas. Esse fato pode ser benéfico, uma vez que os nutrientes poderão ser disponibilizados aos poucos para as plantas.

Referente ao elemento fósforo, também os tratamentos SC + pó de basalto e SC + EC + pó de basalto obtiveram valores considerados médios e os demais

tratamentos adequados. O fator que poderia estar afetando a quantidade de fósforo nesses tratamentos com pó de basalto é a maior quantidade de argila. O fósforo no substrato sofre poucas perdas por lixiviação, mas incorpora-se muito fácil à matéria orgânica, formando compostos com Ca, Fe e Al, sendo também fixado nos minerais de argila. Assim, no referido pó, o fósforo pode não estar prontamente solúvel para as plantas, também não aparecendo nas análises.

Relativo aos micronutrientes, verificou-se que possivelmente o aumento do pH nos tratamentos onde foram adicionados pó de basalto, diminuíram a presença de alumínio, cobre e zinco solúveis no substrato.

Em relação ao alumínio, consta que muitas plantas são sensíveis a esse elemento. De acordo com Foy (1976)<sup>18</sup> citado por VELOSO (2000), o Al fixa o fósforo em formas menos solúveis no solo ou nas raízes, e ainda pode interferir na absorção, transporte e utilização de vários nutrientes como Ca, Mg, P, K e na água usada pelas plantas. Desta forma, ocorre redução na absorção de fósforo, bem como precipitação do nutriente nas raízes, restringindo a sua translocação para a parte aérea.

Para o cobre, além da elevação do pH, esse elemento torna-se menos disponível em substrato com pouca matéria orgânica (CARNEIRO, 1995). Isso pode ser verificado nesse experimento, pois as menores quantidades de cobre foram encontradas justamente nos tratamentos onde foram adicionados pó de basalto, que proporcionou menor M.O. que os demais tratamentos (Tabela 17).

O elemento ferro, micronutriente mais requerido pelas plantas e indispensável para a formação da clorofila (MALAVOLTA, 1989), apresentou os mais baixos valores nos tratamentos onde foi misturado esterco de cavalo ao substrato, exceto no tratamento com pó de basalto. A deficiência de ferro, segundo MARCHNER (1986), relaciona-se a concentrações de  $\text{CaCO}_3$  superiores a 20% no solo.

Nos tratamentos onde foram adicionados esterco de cavalo e principalmente pó de basalto, foram encontrados os maiores valores de Na. Segundo MALAVOLTA (1989), as funções do Na dentro das plantas ainda não são bem conhecidas. Deve-se tomar cuidado, no entanto, para possíveis intolerâncias da planta quanto a esse elemento.

---

<sup>18</sup> FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. **Ciência e Cultura**, v.28, 1976. p.150-155.

Na Tabela 17 constam as análises de condutividade elétrica (EC), carbono orgânico, matéria orgânica, nitrogênio (N-nitrato e N-amônia) e relação carbono/nitrogênio, dados esses obtidos através da metodologia de SONNEVELD; ENDE e DIJK (1974).

TABELA 17 – CARACTERÍSTICAS DE EC, C, M.O., N (NITRATO E AMÔNIA) E RELAÇÃO C/N, DE QUATRO TRATAMENTOS DO ENSAIO II

ANÁLISE	TRATAMENTO			
	SC	SC + pó de basalto	SC + EC	SC + EC + pó de basalto
EC (dS/m)	1,9	2,2	2,5	2,2
C. Orgânico (g/kg)	393,5	235,1	358,9	168,0
M.O. (g/kg)	678,4	405,3	618,7	289,6
N-Nitrato (mg/l)	30,0	82,5	94,4	151,7
N- amônia (mg/l)	21,8	9,5	10,9	4,4
N (g/kg)	9,1	5,6	10,9	4,8
Relação C/N	43,4	41,7	33,0	34,7

Relativo à quantidade de matéria orgânica, houve um decréscimo na sua quantidade na medida que se adicionou esterco de cavalo nas misturas, e principalmente pela adição de pó de basalto.

A matéria orgânica é um componente fundamental dos substratos, cuja finalidade básica, de acordo com Cordell e Filler Jr. (1984)<sup>19</sup>, citados por GUERRINI e TRIGUEIRO (2004) é aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas. Outras vantagens da M.O. no desenvolvimento vegetal está na redução da densidade aparente e de partículas e aumento da porosidade. Assim, a matéria orgânica tem a capacidade de reter a umidade e nutrientes no substrato, homologamente à argila. Conforme Lund e Doss (1980)<sup>20</sup> citados por BORGES e COUTINHO (2004), o aumento da M.O. através da adição de esterco, também proporciona uma elevação do pH.

Pela Tabela 17, observa-se que as maiores quantidades de N-nitrato foram obtidas com a adição de esterco de cavalo ao substrato. No entanto, o EC contribuiu

<sup>19</sup> CORDELL, C.E.; FILER Jr., T.H. Integrated nursery pest management. In: SOUTHERN PINE NURSERY HANDBOOK: Atlanta, USDA. Forest Service, Southern Region, 1984. p.1-17.

pouco com relação ao N-amônia. Um fato curioso é observado quando adicionado pó de basalto com e sem esterco de cavalo. Nesse caso, também as quantidades de N-nitrato foram maiores que somente no SC.

Segundo MARSCHNER (1995), tanto as formas nítricas ( $\text{NO}_3^-$ ) como amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) podem ser absorvidas e metabolizadas pelas plantas. Normalmente o  $\text{NO}_3^-$  é a fonte mais absorvida, porém isto depende da espécie da planta e alguns fatores ambientais devem ser considerados. Entre esses fatores destaca-se o pH, a temperatura e o teor de carboidratos nas raízes. Geralmente, em pH elevado, a absorção de  $\text{NH}_4^+$  é favorecida, enquanto que absorção de  $\text{NO}_3^-$  é beneficiada pelo pH baixo, com valor ótimo em torno de 4,0. Ainda, segundo ADAMS (1981), a utilização de nitrogênio nítrico possibilita o aumento na absorção de potássio, magnésio e cálcio, compensando a maior absorção de nitrogênio na forma de anion.

Para a relação C/N, RESENDE et al. (2002) explica que, quanto maior a decomposição de matéria orgânica, menor a razão da relação C/N. Assim, materiais ricos em N terão C/N baixa e materiais pobres em N terão C/N alta, sendo a relação ideal de 20 a 30:1. Nessa proporção os organismos decompositores têm o alimento balanceado, não precisando desfazer nenhum alimento para criar um equilíbrio. No caso dos substratos utilizados nesse trabalho, as relações C/N obtidas nas misturas onde foram adicionados esterco de cavalo são consideradas altas, e as demais, muito altas, pois ultrapassam a relação 35:1. Nota-se também que o esterco de cavalo proporcionou os mais altos valores de nitrogênio na forma de nitrato com 151,7 mg/l no tratamento SC + EC + pó de basalto.

Na Tabela 18 são apresentadas as características físicas das duas misturas de substratos utilizados nesse ensaio. Também foi realizada essa análise nos tratamentos onde foram adicionados pó de basalto, uma vez que esse material, mesmo sendo considerada uma adubação, provoca alterações físicas no meio.

---

<sup>20</sup> LUND, Z.F.; DOSS, B.D. Residual effects of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. Agron. J., v. 72, p. 123-130, 1980.

TABELA 18 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO II

Substrato	Amostra	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade total	Granulometria (g/100g)					
		g/cm <sup>3</sup>		%	> 6,3 mm	6,3 a 4 mm	4 a 2 mm	2 a 0,7 mm	0,7 a 0,4 mm	< 0,4 mm
SC	1	0,33	1,10	70,00	0,23	3,23	48	22,14	12,13	14,2
	2	0,33	1,25	73,60	0,08	1,72	26,9	44,95	0,00	26,3
	Média	0,33	1,18	71,80	0,16	2,48	37,5	33,55	6,07	20,3
SC + pó de basalto	1	0,77	2,38	67,65	0,00	2,15	15,9	0,00	37,17	44,8
	2	0,70	2,38	70,59	0,16	3,32	18,4	25,87	10,69	41,6
	Média	0,74	2,38	69,12	0,08	2,74	17,2	12,94	23,93	43,2
SC + EC	1	0,39	1,79	78,21	0,00	0,56	21	50,01	0,03	28,4
	2	0,39	1,79	78,21	0,07	0,73	22,1	49,48	0,00	27,6
	Média	0,39	1,79	78,21	0,04	0,65	21,6	49,75	0,02	28,0
SC + EC + pó de basalto	1	0,83	1,80	53,89	0,00	1,62	12,2	24,26	13,57	48,4
	2	0,80	1,35	40,74	0,00	0,90	9,94	21,87	13,60	53,7
	Média	0,82	1,58	48,25	0,00	1,26	11,1	23,07	13,59	51,0

GONÇALVES e POGGIANI (1996), indicam valores adequados de algumas características físicas de substratos. Assim, a densidade aparente deve estar em torno de 0,45 e 0,55 g/cm<sup>3</sup> e a porosidade total entre 75 e 85%.

Analisando a Tabela 18, observa-se que os valores de densidade aparente encontrados para SC e SC + EC, estão abaixo dos valores adequados, e os com pó de basalto obtiveram densidade acima dos valores considerados bons. Porém, o SC + EC foi o que obteve valores mais próximos do considerado ideal. De acordo com PREVEDELLO (1996), quanto maior a quantidade de matéria orgânica, menor será a densidade, fato esse que corresponde aos valores de M.O. encontrados na Tabela 15.

Segundo BONNET et al. (1995), a densidade aparente do solo é inversamente proporcional à porosidade, teor de matéria orgânica e quantidade de nutrientes. Também relaciona-se diretamente com o grau de compactação e agregação de partículas e a textura. Quanto menor for a densidade aparente, também menores serão as restrições para o crescimento de raízes e melhor será sua estrutura.

As maiores densidades de partículas foram encontradas no tratamento SC + EC + pó de basalto, e as menores no substrato SC. BONNET et al. (1995) afirma que

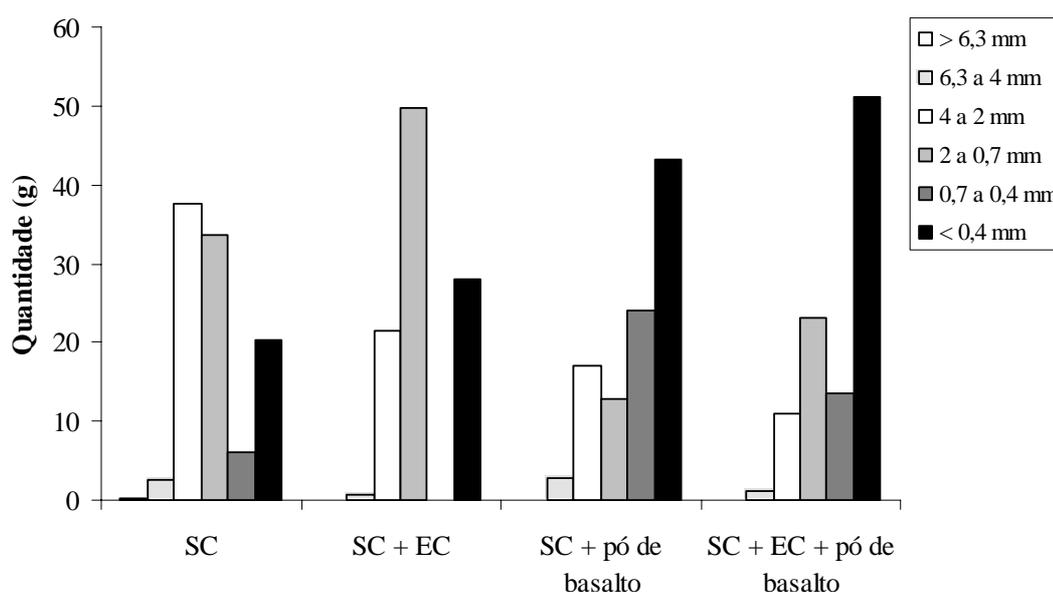
essa densidade desconsidera o espaço ocupado pelos poros. À medida que a densidade aparente se aproxima da densidade de partículas, decresce a aeração do solo e sua capacidade de retenção de umidade.

Para o substrato SC + EC, a densidade de partículas de  $1,79 \text{ g/cm}^3$  foi próxima da obtida por MORAES NETO, GONÇALVES e TAKAKI (2001), quando esses trabalharam com substratos à base de esterco bovino curtido e húmus de minhoca, e por MORAES NETO e GONÇALVES (2001), na mistura de 60% de esterco bovino curtido e 40% de casca de arroz carbonizada, obtendo densidade de  $1,70 \text{ g/cm}^3$ .

Referente à porosidade, nota-se que apenas o tratamento SC + EC obteve porcentagens apropriadas de acordo com escala proposta por GONÇALVES e POGGIANI (1996). No SC + EC + pó de basalto, foram encontradas as porosidades mais baixas. BONNET et al. (1995) lembram que a porosidade é diretamente proporcional aos teores de matéria orgânica do substrato, e inversamente proporcional à densidade aparente.

O Gráfico 11 apresenta a visualização da distribuição das partículas dos substratos, em cada tratamento.

GRÁFICO 11 – DISTRIBUIÇÃO DA GRANULOMETRIA DOS COMPONENTES QUE CONSTITUEM OS TRATAMENTOS DO ENSAIO II, POR TAMANHO DE PARTÍCULAS



Quanto à análise da granulometria, que mostra a distribuição das partículas (Tabela 18 e Gráfico 11), o SC obteve predominância percentual dos tamanhos intermediários (4 a 2 mm e 2 a 0,7 mm). Já no SC + EC, a predominância de partículas foi dominante na granulometria 2 a 0,7 mm, com 49,75% do material. Nota-se que as composições SC e SC + pó de basalto apresentaram maiores proporções de partículas superiores a 4 mm. Isso, de acordo com SCHMITZ, SOUZA e KÄMPF (2002), pode proporcionar ao material um maior espaço de aeração. Para May (1984)<sup>4</sup> citado por CARNEIRO (1995), quanto mais grosseira for a granulometria do substrato, maior será a drenagem do material.

Para os substratos onde foram adicionados pó de basalto, a predominância das partículas foi na menor peneira, ou seja  $< 0,4$  mm. Essa retenção foi maior quando adicionado esterco de cavalo, ou seja na mistura SC + EC + pó de basalto (51,03%). Essa alta porcentagem de partículas pequenas, segundo SCHMITZ, SOUZA e KÄMPF (2002) confere grande capacidade de retenção de água, podendo o espaço de aeração ficar reduzido.

A presença de um ou mais componentes numa mistura de substratos, com partículas de diâmetro menor ou igual ao diâmetro médio dos macroporos da mistura, pode levar a um bloqueio de grande parte da macroporosidade. Isso acontece principalmente quando em misturas com predominância de componentes orgânicos, e que recebam componentes ricos em areia fina ou muito fina, silte ou argila (CARNEIRO, 1995).

Além do mais, a granulometria fina do pó de basalto pode ter provocado um efeito cimentante, o que para KÄMPF (2000), implica no fechamento dos poros, causando uma maior compactação, influenciando também na densidade.

Visto as características físicas dos substratos aplicados no Ensaio II, observa-se que a adição de pó de basalto prejudicou a aeração, pois proporcionou alta densidade aparente e baixa porosidade. A maior presença de partículas pequenas, ou seja, menor que 0,4 mm, pode ter proporcionado esse quadro.

Já entre as misturas SC e SC + EC, observa-se que a adição de esterco de cavalo contribuiu para a melhoria das condições físicas do substrato, uma vez que proporcionou densidade aparente mais próxima das ideais, e as únicas porosidades consideradas adequadas.

## 4.3.1.1 Preço dos substratos utilizados no ensaio II

TABELA 19 - PREÇO DOS COMPONENTES DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NO ENSAIO II, POR TONELADA

MATERIAL	Preço (1 t)	
	R\$	US\$ (***)
Substrato comercial (SC) (*)	245,00	96,46
Esterco de cavalo (EC) (**)	120,00	47,24

Notas: \* Preço fornecido pelo fabricante, sem considerar o frete (2005).

\*\* Calculado a partir do preço obtido pela Internet<sup>21</sup>

\*\*\* US\$ 1,00 = R\$ 2,54 (valor de 26 abril de 2005).

Pela Tabela 19, nota-se que o esterco de cavalo possui valor inferior à metade do preço do SC. O preço considerado para o esterco de cavalo foi retirado da Internet, visto que a maioria das Hípicas fornecem o esterco gratuitamente. Para as Hípicas, o esterco acaba se tornando um problema devido ao acúmulo de grandes quantidades. Por exemplo, na Hípica do Circulo Militar, Colombo –PR, onde foi coletado o esterco de cavalo para a presente pesquisa, por dia é retirado das baias um carrinho-de-mão de esterco misturado com serragem. Considerando que neste local existem hoje 37 cavalos, e cada carrinho carrega um volume de aproximadamente 80 L, por dia são produzidos cerca de 2.960 L de esterco de cavalo misturado com serragem.

Para utilização de esterco na mistura de substratos, deve ser observado que esse já se encontra curtido, para que não haja perda de N, além da diminuição da possibilidade de infestação com ervas indesejadas.

TABELA 20 – PREÇO DE CADA SUBSTRATO UTILIZADO NO ENSAIO II, POR TONELADA

SUBSTRATOS	Composição do substrato	Preço dos substratos		Total por substrato	
		R\$/t	US\$/t (*)	R\$/t	US\$/t (*)
SC	90% substrato comercial (SC)	220,50	86,81	220,50	86,81
	10% terra de baixo de mata	0,00	0,00		
SC + EC	60% substrato comercial (SC)	147,00	57,87	183,00	72,05
	30% esterco de cavalo (EC)	36,00	14,17		
	10% terra de baixo de mata	0,00	0,00		

NOTA: \* US\$ 1,00 = R\$ 2,54 (valor de 26 abril de 2005).

<sup>21</sup> <<http://www.mercadolivre.com.br/jm/item?site=MLB&id=24623648>>

Pela Tabela 20, observa-se que ao contrário do ocorrido no Ensaio I quando adicionada fibra de coco e húmus de minhoca ao substrato, no Ensaio II a mistura com esterco de cavalo possibilitou a diminuição do valor do substrato. O que pode determinar a sua utilização, além do bom crescimento da espécie escolhida, é a existência de uma Hípica próximo ao lugar de cultivo.

#### 4.3.2 Características de crescimento de *Mimosa scabrella*

Pela análise de variância, verificou-se diferença entre os tratamentos pelo teste de F, ao nível de 5% de probabilidade para as características altura e diâmetro de colo das mudas de *Mimosa scabrella* (Tabelas A11 e A12) Ao se aplicar o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, constatou-se que as mudas se comportaram de forma diferenciada mediante os tratamentos aplicados (Tabela 21).

TABELA 21 - MÉDIAS DE ALTURA e DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II, 135 APÓS EMERGÊNCIA

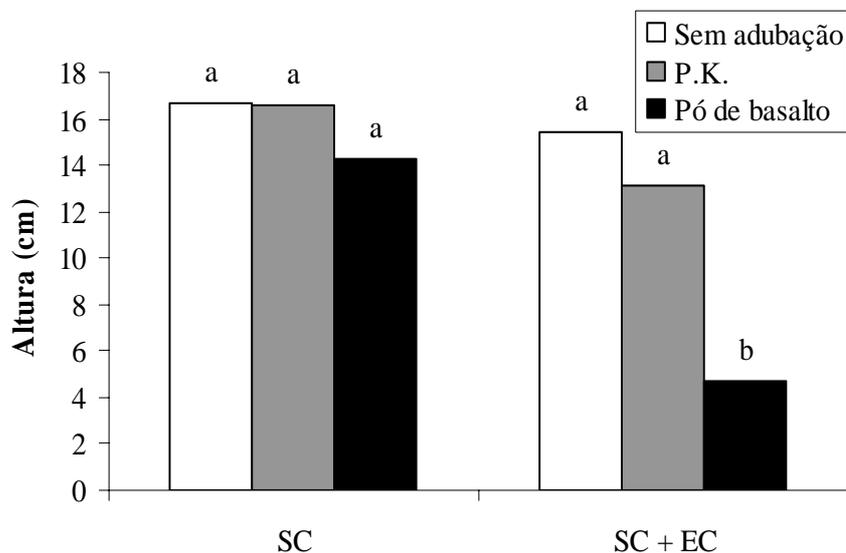
ADUBAÇÃO	SUBSTRATO	
	SC	SC + EC
Altura		
Sem adubação	16,71 a A	15,41 a A
P.K.	16,58 a A	13,16 a B
Pó de basalto	14,29 a A	4,70 b B
Diâmetro de colo		
Sem adubação	2,528 a A	2,272 a B
P.K.	2,392 a A	2,161 a B
Pó de basalto	2,059 b A	1,068 b B

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

De acordo com a Tabela 21, observa-se que o fator substrato proporcionou crescimento diferenciado dentro de todas as adubações, com exceção da testemunha na variável altura. Já dentro de adubações, a testemunha e a adubação com P.K. foram superiores estatisticamente à adubação com pó de basalto, com exceção da variável altura dentro do substrato SC.

As médias de altura podem ser melhor visualizadas no Gráfico 12. As colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, dentro de cada substrato.

GRÁFICO 12 – ALTURA DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II, 135 APÓS EMERGÊNCIA



Para a espécie *Mimosa scabrella*, tanto a adição de esterco de cavalo, quanto a adubação com pó de basalto, prejudicaram o crescimento das mudas. Também verifica-se que a testemunha proporcionou maiores médias absolutas em altura para ambas misturas de substratos. Assim considerando ser a bracatinga uma espécie pioneira, leva a destacá-la ainda mais pela sua rusticidade. No entanto, a compactação do substrato proporcionada pelo pó de basalto prejudicou o desenvolvimento dessa espécie.

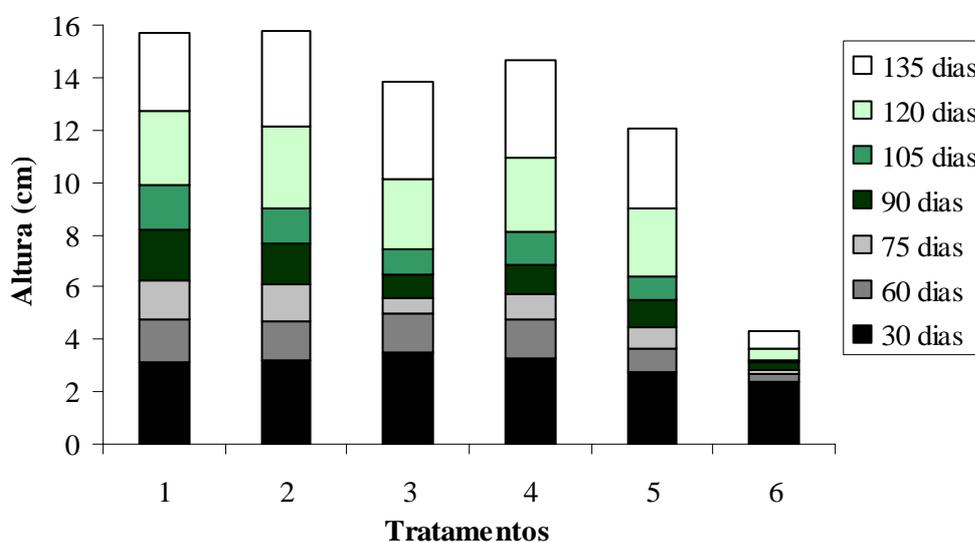
Relativo ao pó de basalto, pela Tabela 18, observou-se que onde esse componente foi adicionado, a densidade do substrato foi elevada, e a porosidade diminuiu. Esses fatores levam a uma menor aeração do substrato. Além da falta de ar prejudicar o crescimento das raízes, também pode ter prejudicado o desenvolvimento de microrganismos, como as bactérias Rizóbio, as quais em simbiose com a bracatinga, que é uma leguminosa, disponibilizam nitrogênio ao substrato, principalmente na ausência da adição desse nutriente.

Uma vez que as associações leguminosa-rizóbios desenvolvem-se melhor em solos que não são ácidos em demasia (BRADY, 1989), talvez uma melhora na aeração dos substratos onde foi adicionado pó de basalto, poderia beneficiar ainda mais essa simbiose, visto o pó de basalto proporcionar a elevação do pH.

VALE et al. (1996), ao estudarem a sensibilidade de quinze espécies arbóreas submetidas a solos fortemente ácidos e do crescimento relativo das raízes em condições de estresse de alumínio, verificaram que a bracatinga destaca-se pela grande adaptação apresentada para ambas as condições estudadas. A espécie apresenta, no entanto, grande sensibilidade a condições de estresse de cálcio.

O crescimento das mudas de *Mimosa scabrella* no decorrer do experimento pode ser observado no Gráfico 13.

GRÁFICO 13 – EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM ALTURA DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella*, NO ENSAIO II



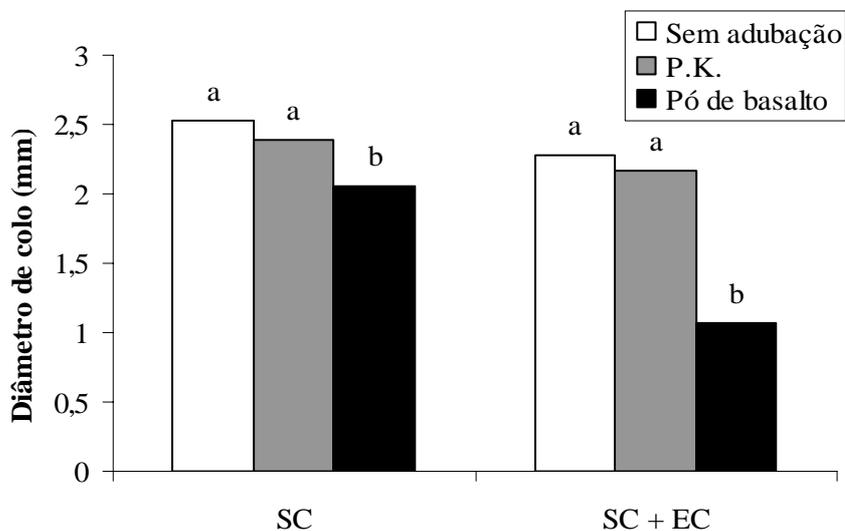
Pelo Gráfico 13 observa-se que, com exceção de T5 e T6, nos demais tratamentos a diferenciação começou a ocorrer mais intensificadamente a partir dos 75 dias após emergência.

Nota-se que a maior velocidade de crescimento em altura das mudas de bracatinga ocorreu na última coleta de dados. Esse fato pode ser explicado pela época do ano, pois o experimento foi instalado no inverno (junho/2004), passando por períodos quentes apenas no final do experimento.

Apenas T1, T2 e T4, obtiveram mudas maiores que 15 cm, e somente a partir dos 105 dias de experimento. Segundo FONSECA (1988), mudas com 15 a 30 cm estão aptas a serem plantadas a campo.

Referente à variável diâmetro de colo, ela pode ser melhor visualizada no Gráfico 14. As colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, dentro de cada substrato.

GRÁFICO 14 – DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA



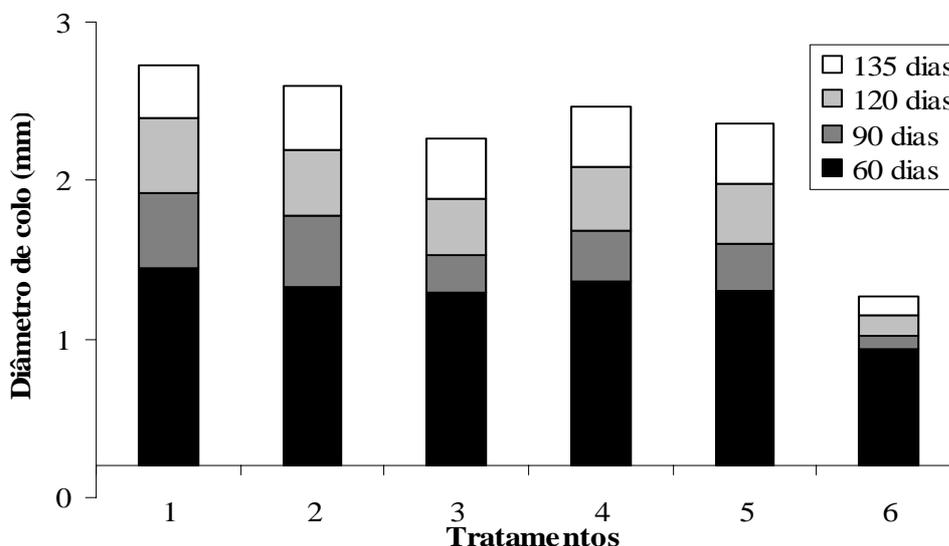
Relativo à variável diâmetro de colo das mudas de bracatinga submetidas ao Ensaio II, nota-se a mesma tendência de crescimento observada em altura, com exceção da adubação com pó de basalto no substrato SC, a qual apresentou médias inferiores às demais.

Em números absolutos, a testemunha no SC obteve os melhores resultados, confirmando ser a espécie bracatinga não exigente em nutrientes, inclusive com crescimento inferior na presença desses. Pela Tabela 16, observa-se que o tratamento SC sem adubação, em relação ao SC + P.K., possui menores quantidades de fósforo, potássio, cálcio e nitrogênio.

O SC sem adubação, portanto, pode ter criado condições favoráveis para o desenvolvimento de bactérias rizóbio e fungos micorrízicos. Segundo GOMES e PAIVA (2004), as micorrizas permitem uma maior absorção de água e nutrientes do solo, favorecem o desenvolvimento de microorganismos mineralizadores e solubilizadores de nutrientes na rizosfera, e também permitem uma maior tolerância às condições adversas, tanto físicas como químicas. E os fatores que prejudicam a micorrização são justamente a elevada fertilidade, principalmente com nitrogênio e fósforo, pH alto, e características físicas do solo, como alta umidade, baixa aeração e compactação.

O desenvolvimento em diâmetro de colo das mudas de *Mimosa scabrella* no decorrer do Ensaio II, pode ser visualizada no Gráfico 15.

GRÁFICO 15 – EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella*, NO ENSAIO II



Pelo Gráfico 15, nota-se que o crescimento em diâmetro de colo no decorrer dos 135 dias de avaliação, acompanhou o desenvolvimento em altura (Gráfico 13).

FONSECA (1988) recomenda um diâmetro de colo mínimo de 2 mm para que as mudas possam ser levadas a campo. Analisando o Gráfico 15, apenas T6 não alcançou esse padrão. Já mudas produzidas em T1 poderiam permanecer menos tempo em viveiro, visto estarem com 2 mm de diâmetro de colo já aos 120 dias de experimento.

Também nota-se, que não houve uma estabilização de crescimento em diâmetro de colo no final do experimento.

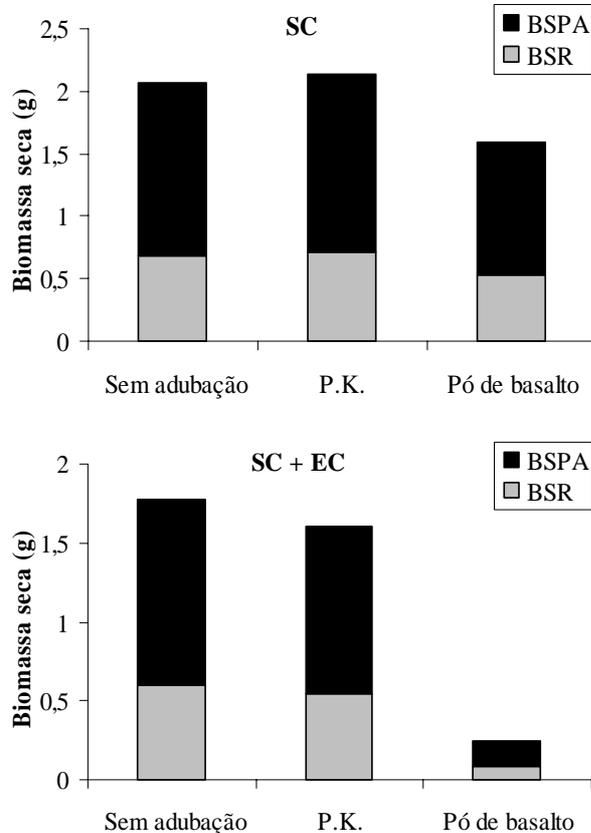
Para as variáveis biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca de raízes (BSR) e biomassa seca total (BST), pela análise de variância verificou-se diferença entre os tratamentos pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade (TABELA A13, A14 e A15). Ao se aplicar o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade constatou-se que elas se comportaram de forma diferenciada mediante os tratamentos aplicados (Tabela 22 e Gráfico 16).

TABELA 22 - MÉDIAS DE BSPA, BSR E BST DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

ADUBAÇÃO	SUBSTRATO	
	SC	SC + EC
Biomassa seca da parte aérea (BSPA)		
Sem adubação	1,377 a A	1,173 a B
P.K.	1,418 a A	1,057 a B
Pó de basalto	1,064 b A	0,162 b B
Biomassa seca de raízes (BSR)		
Sem adubação	0,690 a A	0,600 a B
P.K.	0,718 a A	0,549 a B
Pó de basalto	0,535 b A	0,088 b B
Biomassa seca total (BST)		
Sem adubação	2,067 a A	1,774 a B
P.K.	2,136 a A	1,606 a B
Pó de basalto	1,599 b A	0,250 b B

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

GRÁFICO 16 – BSPA E BSR DAS MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA



Nas variáveis BSPA, BSR e BST, verifica-se diferença estatística entre os dois substratos dentro de todas as adubações. O substrato SC proporcionou mudas superiores estatisticamente quando comparado às mudas produzidas em SC + EC. Nota-se assim que a mistura de esterco de cavalo ao substrato, prejudicou o desenvolvimento de todas variáveis avaliadas em mudas de *Mimosa scabrella* no Ensaio II.

Entre as adubações, verificou-se que o pó de basalto proporcionou biomassa seca inferior estatisticamente à adubação com P.K. e à testemunha. O tratamento que proporcionou as piores médias de BSPA, BSR e BST foi o SC + EC + pó de basalto. No entanto, ALMEIDA, ALMEIDA e MAFRA (2004) obtiveram bons resultados quando misturado pó de basalto com esterco. Os autores testaram o pó de basalto em diferentes doses, utilizando ou não o esterco bovino na quantidade de 4.000 kg/ha. O pó de basalto, com ou sem o esterco foi misturado ao solo, no qual foi plantada aveia, e após a colheita, 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.

Para o presente trabalho, no entanto, a mistura de SC com esterco de cavalo e pó de basalto mostrou-se imprópria para produção de mudas de bracatinga. O que pode ter comprometido a utilização dessa mistura é justamente a embalagem utilizada. Portanto, uma vez que essa mistura proporciona barateamento da produção e boas qualidades químicas, embalagens maiores devem ser testadas.

O uso de algum composto orgânico junto com o pó de pedra também foi utilizado por THEODODO (2000). Para esse autor, o composto orgânico foi adicionado devido à grande possibilidade de ocorrer carência de N. Assim, os microrganismos presentes no material orgânico permitem através de ácidos húmicos, a quebra dos compostos químicos presentes, especialmente nos argilominerais, liberando dessa forma, uma maior porcentagem de nutrientes para as plantas.

Na Figura 17, podem ser visualizadas as diferenças de crescimento nas mudas de *Mimosa scabrella*, principalmente em T6.

FIGURA 17 – MUDAS DE *Mimosa scabrella* PRODUZIDAS NO ENSAIO II

#### 4.3.2.1 Índices morfológicos para *Mimosa scabrella*

A partir das variáveis de altura (H), diâmetro de colo (DC), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca de raízes (BSR) e biomassa seca total (BST), foram estudados alguns índices morfológicos para as mudas de *Mimosa scabrella*, os quais são apresentados na Tabela 23.

TABELA 23 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS PARA *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II, A PARTIR DE VARIÁVEIS COLETADAS AOS 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

TRATAMENTO		ÍNDICE			
Substrato	Adubação	H/DC	BSPA/BSR	H/BSPA	IQD
SC	Sem adubação	6,6	2,0	12,1	0,24
	P.K.	6,9	2,0	11,7	0,24
	Pó de basalto	6,9	2,0	13,4	0,18
SC + EC	Sem adubação	6,8	2,0	13,1	0,20
	P.K.	6,1	1,9	12,5	0,20
	Pó de basalto	4,4	1,8	29,0	0,04

De acordo com GOMES e PAIVA (2004), a altura da parte aérea da muda combinada com o respectivo diâmetro de colo, constitui num dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo. A divisão do H/DC irá exprimir então num equilíbrio de crescimento entre essas variáveis, sendo que quanto menor o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem na área de plantio definitivo. Pela Tabela 23, excluindo o tratamento SC + EC + pó de basalto, o qual proporcionou mudas de tamanho muito inferior as demais, interferindo no índice, ressalta-se o tratamento SC + EC + P.K. como o que obteve a menor relação H/DC. Se somente esse índice fosse analisado, dar-se-ia preferência às mudas não tão altas para estimar um melhor desenvolvimento em campo.

Embora o índice BSPA/BSR seja um índice seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas, esse, segundo GOMES e PAIVA (2004), não pode ser relacionado com o crescimento em campo. Pela Tabela 23, a maioria dos tratamentos obteve o índice 2, valor recomendado pela maioria dos autores.

Em função do índice H/BSPA, diz-se que quanto menor for essa relação, mais lignificadas será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo. Assim, analisando a Tabela 23, o tratamento que obteve o menor índice foi o SC + P.K.

Hunt (1990)<sup>22</sup> citado por FONSECA et al. (2002), estabeleceu como padrão o valor mínimo de IQD em 0,20 para mudas produzidas em tubetes pequenos (50 cm<sup>3</sup>). Pela Tabela 23, observa-se que apenas os tratamentos onde foram adicionado pó de

<sup>22</sup> HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

basalto, não atingiram esse valor. Para as mudas com IQD acima de 0,20, indica que elas apresentam qualidade para serem levadas à campo. O índice de qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas, pois no seu cálculo são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade.

#### 4.3.3 Características de crescimento de *Prunus sellowii*

Pela análise de variância verificou-se diferença entre os tratamentos pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade para as características altura de plantas. Para a variável diâmetro, não houve diferença significativa (Tabelas A16 e A17). Ao se aplicar o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade constatou-se que elas se comportaram de forma diferenciada mediante os tratamentos aplicados (Tabela 24).

TABELA 24 - MÉDIAS DE ALTURA E DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

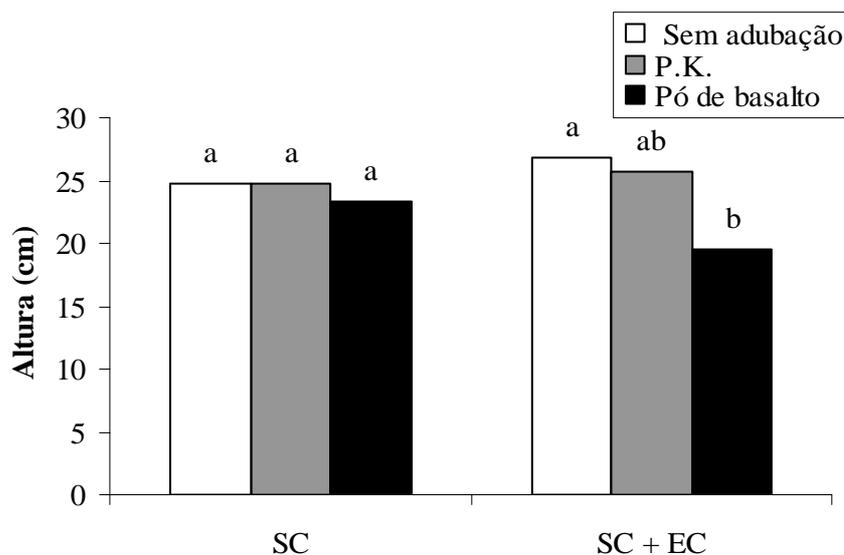
ADUBAÇÃO	SUBSTRATO	
	SC	SC + EC
Altura		
Sem adubação	24,80 a A	26,84 a A
P.K.	24,69 a A	25,65 ab A
Pó de basalto	23,30 a A	19,51 b A
Diâmetro de colo		
Sem adubação	2,857 a A	2,917 a A
P.K.	2,786 a A	2,859 a A
Pó de basalto	2,760 a A	2,609 a A

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Para mudas de pessegueiro-bravo produzidas sob delineamento do Ensaio II, verificou-se que o fator substrato não proporcionou diferença estatística para as variáveis altura e diâmetro de colo. Dentro de adubações apenas foi observada diferença na variável altura, e ao se aplicar o substrato SC + EC. As mudas mais altas foram obtidas com a testemunha, as quais diferiram estatisticamente das mudas que foram produzidas com pó de basalto.

A variável altura, também pode ser visualizada através do Gráfico 17. As colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, dentro de cada substrato.

GRÁFICO 17 – ALTURA DAS MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA



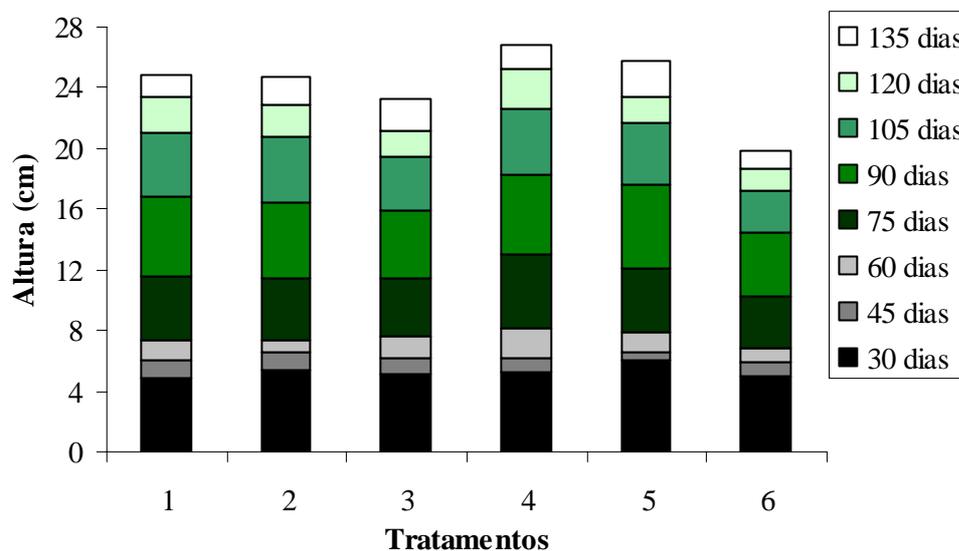
Mesmo não havendo diferença estatística entre os substratos, as maiores alturas absolutas das mudas de pessegueiro-bravo, exceto quando adubadas com pó de basalto, foram obtidas com o substrato SC + EC. Ou seja, ao contrário do observado nas mudas de bracatinga, o esterco de cavalo beneficiou o desenvolvimento das mudas de pessegueiro-bravo, quando aplicado o mesmo delineamento do Ensaio II.

De acordo com GOMES e PAIVA (2004) o maior valor do esterco não está em fornecer nutrientes às plantas, e sim, de ele contribuir para melhorar as condições físicas do solo. Segundo PRIMAVERESI (1990), as características mais importantes que o esterco fornece ao solo é o aumento da capacidade de troca catiônica, da retenção de água, da circulação de ar e da agregação do solo. Assim, pode-se julgar que a espécie *Prunus sellowii* é mais exigente em umidade do que a *Mimosa scabrella*.

Observa-se também um maior crescimento absoluto nas mudas produzidas sem adubação, principalmente no substrato SC + EC. Nesse caso, os nutrientes fornecidos pelo esterco de cavalo podem ter sido suficiente para suprir as necessidades das mudas de pessegueiro-bravo.

No Gráfico 18 pode ser observado o crescimento em altura das mudas de *Prunus sellowii* no decorrer do experimento.

GRÁFICO 18 – EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM ALTURA DAS MUDAS DE *Prunus sellowii*, NO ENSAIO II

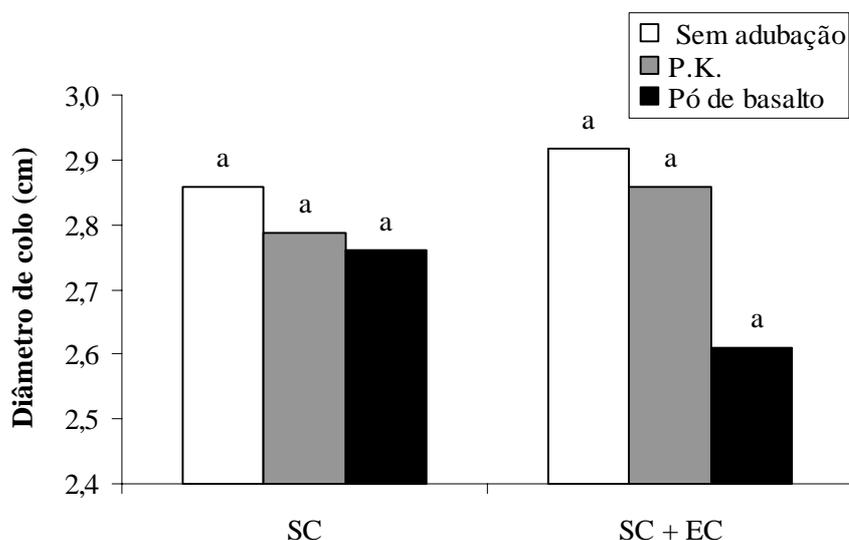


Analisando o Gráfico 18, verifica-se que o crescimento em altura das mudas de *Prunus sellowii* apenas começou a se diferenciar realmente a partir dos 75 dias após a emergência das plântulas, dependendo do tratamento aplicado. Esse maior crescimento pode estar relacionado com a época do ano, pois o experimento foi instalado em junho, e nessa coleta, representa o início da primavera. Observa-se também um aumento de crescimento verificado nas coletas dos 60 aos 105 dias. Após esse período, o crescimento em altura das mudas de *Prunus sellowii* diminuiu. Uma vez que mudas com 15 a 30 cm de altura já estão aptas a serem colocadas a campo (FONSECA, 1988), pelo Gráfico 18, isso seria possível já aos 90 dias de permanência das mudas em viveiro, para todos os tratamentos analisados.

Destaque para T5, tratamento esse que recebeu esterco de cavalo, e apresentou o maior crescimento em altura na última coleta de dados. Isso pode representar que o esterco de cavalo esteja liberando os nutrientes aos poucos, não os tendo perdido por lixiviação.

Para a variável diâmetro de colo, as médias coletadas no experimento podem ser observadas também no Gráfico 19. As colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, dentro de cada substrato.

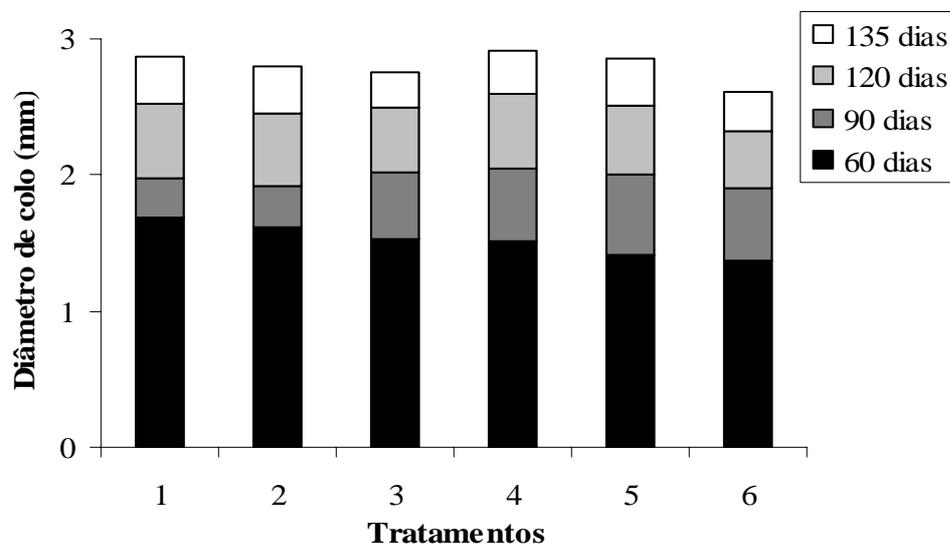
GRÁFICO 19 – DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA



Para a variável diâmetro de colo (Gráfico 19), não foi observada diferença estatística entre os substratos, e nem entre as adubações nas mudas de *Prunus sellowii*. Porém, maiores médias absolutas de diâmetro de colo foram encontrados com o tratamento SC + EC sem adubação. Pela Tabela 20, verifica-se que a adição de esterco de cavalo à mistura proporcionou uma diminuição nos custos dos substratos, sendo portanto, uma boa opção para produção de mudas dessa espécie.

No Gráfico 20 pode ser observado o crescimento das mudas de *Prunus sellowii* em relação ao diâmetro de colo no decorrer do experimento.

GRÁFICO 20 – EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE *Prunus sellowii*, NO ENSAIO II



FONSECA (1988) recomenda um diâmetro de cerca de 2 mm para as mudas de eucalipto poderem ser colocadas a campo. Com esse diâmetro, já haveria uma boa rigidez da haste. Para mudas de *Prunus sellowii*, todos os tratamentos obtiveram diâmetro de colo superior a 2 mm aos 120 dias.

T1 e T2 apresentaram um crescimento em diâmetro de colo maior nos primeiros 60 dias após a emergência das plântulas, diminuindo a velocidade de crescimento nos períodos seguintes. Já para os demais tratamentos, esse maior desenvolvimento em diâmetro ocorreu aos 90 dias. A solubilidade dos nutrientes nos diferentes tratamentos pode ter determinado esse quadro, pois onde foi adicionado esterco de cavalo (T4, T5 e T6), e apenas pó de pedra (T3), é que ocorreu esse pico de crescimento mais tardio.

Para as variáveis biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca de raízes (BSR) e biomassa seca total (BST), pela análise de variância verificou-se diferença entre os tratamentos pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade (Tabelas A18, A19 e A20). Ao se aplicar o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, constatou-se que as mudas se comportaram de forma diferenciada mediante os tratamentos aplicados (Tabela 25).

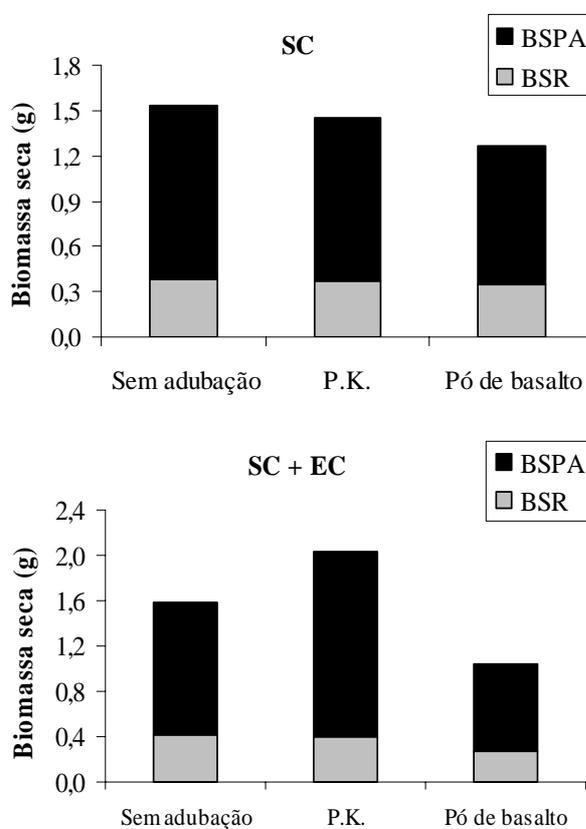
TABELA 25 - MÉDIAS DE BSPA, BSR E BST DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

ADUBAÇÃO	SUBSTRATO	
	SC	SC + EC
Biomassa seca da parte aérea (BSPA)		
Sem adubação	1,143 a A	1,164 a A
P.K.	1,077 a A	1,163 a A
Pó de basalto	0,922 b A	0,771 b B
Biomassa seca de raízes (BSR)		
Sem adubação	0,388 a A	0,423 a A
P.K.	0,377 a A	0,395 a A
Pó de basalto	0,343 a A	0,273 b A
Biomassa seca total (BST)		
Sem adubação	1,531 a A	1,586 a A
P.K.	1,454 a A	1,537 a A
Pó de basalto	1,265 b A	1,044 b B

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

O fator substrato, pela Tabela 25, apenas proporcionou diferença estatística nas variáveis de biomassa seca da parte aérea (BSPA) e biomassa seca total (BST), quando aplicada a adubação de pó de basalto, no SC. Já nas outras adubações, mesmo não havendo diferença estatística, médias maiores foram obtidas com o substrato SC + EC, como também observado no Gráfico 21.

GRÁFICO 21 – BSPA e BSR DAS MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA



Pelo Gráfico 21, nota-se que médias de biomassa seca de raízes (BSR) produzidas no SC são praticamente as mesmas para as mudas produzidas em todas as adubações. Já a BSPA varia conforme a adubação aplicada. No SC + EC, no entanto, quando adicionado pó de basalto, também na BSR houve diminuição do desenvolvimento.

4.3.3.1 Índices morfológicos para *Prunus sellowii*TABELA 26 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS PARA MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II, A PARTIR DE VARIÁVEIS COLETADAS AOS 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA

TRATAMENTOS		ÍNDICE			
Substrato	Adubação	H/DC	BSPA/BSR	H/BSPA	IQD
SC	Sem adubação	8,7	2,9	21,8	0,13
	P.K.	8,9	2,9	23,0	0,12
	Pó de basalto	8,4	2,7	25,2	0,11
SC + EC	Sem adubação	9,2	2,8	23,1	0,13
	P.K.	9,0	2,9	22,1	0,13
	Pó de basalto	7,6	2,8	25,7	0,10

Conforme GOMES e PAIVA (2004), quanto menor a relação H/DC, maior a chance de sobrevivência e estabelecimento das mudas no local de plantio. Segundo a Tabela 26, os menores índices H/DC foram encontrados quando utilizada adubação com pó de basalto. Se considerar, portanto, essa relação como indicativo de maior sobrevivência no campo, as mudas de menor altura são as favorecidas.

Os índices de BSPA/BSR obtidos para mudas de *Prunus sellowii* foram bastante parecidos, todos estando acima de 2, valor esse recomendado pelo mesmo autor.

Pela Tabela 22, o menor valor de H/BSPA foi encontrado no tratamento SC sem adubação, indicando estar essas mudas mais lignificadas, o que propicia, segundo GOMES e PAIVA (2004), maior sobrevivência em campo.

A maioria dos trabalhos recomendam um valor mínimo de IQD de 0,20. Verifica-se pela Tabela 26, que em todos os tratamentos o valor de IQD foi menor que o sugerido. Nos tratamentos com adição de pó de basalto, foram encontrados os menores valores desse índice.

4.3.3.2 Acúmulo de nutrientes nas folhas de *Prunus sellowii*TABELA 27 – ACÚMULO DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II, 135 DIAS APÓS EMERGÊNCIA,

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/kg					mg/kg				
SC	13,7	1,5	12,0	14,1	4,3	53,3	4,5	139,0	570,0	60,5
SC + P.K.	15,7	1,5	13,6	17,7	4,1	53,4	4,6	150,0	591,0	66,8
SC + pó de basalto	15,5	1,2	12,5	29,3	5,0	60,6	5,7	171,0	241,0	55,5
SC + EC	16,3	1,4	12,0	18,9	4,5	52,1	4,4	118,0	310,0	61,7
SC + EC + P.K.	15,7	1,4	14,1	21,5	4,4	51,4	4,3	119,0	187,0	59,7
SC + EC + pó de basalto	14,7	1,2	11,5	24,3	4,9	60,1	4,3	142,0	29,0	53,4

MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA (1997) citam os teores de macro (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) associados a altas produtividades de *Eucalyptus grandis*: N = 21 a 23; P = 1,3 a 1,4; K = 9 a 10; Ca = 5 a 6; Mg = 2,5 a 3; B = 25 a 30; Cu = 7 a 10; Fe = 100 a 140; Mn = 300 a 400 e Zn = 12 a 17. Visto esses valores, percebe-se que mudas de *Prunus sellowii* através dos resultados da Tabela 23, no geral, possuem necessidade de absorver menor quantidade de N e Cu, maiores quantidades de K, Ca, Mg, B e Zn, e teores próximos para as duas espécies de P e Fe. Para os valores de Mn, as quantidades desse nutriente encontradas nas folhas de pessegueiro-bravo variaram dependendo do tratamento, não se podendo fazer uma generalização.

Pela observação na Tabela 27, verifica-se que os maiores teores de N nas folhas de *Prunus sellowii* foram obtidos nas mudas produzidas no tratamento SC + EC (16,3 g/kg) e os menores no SC (13,7 g/kg). Lembrando-se que todos os tratamentos receberam nitrogênio na adubação de base e cobertura em quantidades iguais, fica evidenciada a contribuição do esterco de cavalo referente a esse elemento.

Com relação aos teores de P, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos constituídos por SC e SC + P.K. (1,5 g/kg), e os menores em SC + pó de basalto e SC + EC + pó de basalto (1,2 g/kg). Os teores de P nas folhas dependem do suprimento do nutriente, mas também do teor de N. Plantas com teores baixos ou deficientes em N, poderão apresentar altos teores de P e, quando há excesso de N espera-se que haja teores baixos de P, sendo praticamente impossível encontrar-se

folhas com excesso de N e P ao mesmo tempo (Smith, 1966<sup>23</sup> citado por BERNARDI; CARMELLO; CARVALHO, 2000).

Os maiores teores de potássio nas folhas de pessegueiro-bravo foram lidos em SC + EC + P.K. (14,1 g/kg), seguido de SC + P.K. (13,6) e os menores em SC + EC + pó de basalto (11,5 g/kg). Reese e Koo (1975)<sup>24</sup>, citados por BERNARDI, CARMELLO e CARVALHO (2000), em um estudo de adubação, observaram que os aumentos nos teores de K estavam associados com níveis altos de P e de K, mas menores de Ca e de Mg. Assim, a maior absorção de Ca, o qual foi fornecido pelo pó de basalto, pode ter influenciado na menor absorção de K. No entanto, as mudas de pessegueiro-bravo, nas diferentes adubações, pouco se diferenciaram em função da quantidade desse nutriente nas folhas.

A respeito do Ca, a presença desse elemento nas folhas de mudas produzidas no tratamento SC + pó de basalto (29,3 g/kg) foi 2 vezes maior que os obtidos no SC (14,1 g/kg), que é a testemunha. Lembrando-se que K e Ca competem fortemente pelos mesmos sítios de absorção, e o excesso de um leva à redução na absorção do outro.

Nas mudas produzidas em SC + pó de basalto foram obtidos os maiores teores de Mg (5,0 g/kg), seguido do tratamento SC + EC + pó de basalto (4,9 g/kg). Os menores valores de Mg foram encontrados no SC + P.K. (4,1 g/kg).

Relativo aos micronutrientes B, Cu e Fe, os maiores valores desses foram encontrados no tratamento SC + pó de basalto (60,6 mg/kg, 5,7 mg/kg e 171 mg/kg). Os menores estão nos tratamentos SC + EC (52,1 mg/kg, 4,4 mg/kg e 118 mg/kg) e SC + EC + P.K. (51,4 mg/kg, 4,3 mg/kg e 119 mg/kg).

Já para o Mn, maiores quantidades absorvidas pelas mudas foram verificadas em SC + P.K. (591 mg/kg), que foi cerca de 20 vezes superior ao menor valor, esse encontrado no tratamento SC + EC + pó de basalto (29 mg/kg).

---

<sup>23</sup> SMITH, P.F. Citrus nutrition. In: CHILDERS, N.F. (Ed.) **Nutrition of fruit crops**; temperate to tropical fruit. New Brunswick: Rutgers the State of Universit, p.174-207, 1966.

Para o Zn, também maiores valores estão em mudas produzidas em SC + P.K. (66,8 mg/kg), e os menores em SC + EC + pó de basalto (53,4 mg/kg).

Relativo aos micronutrientes, BATAGLIA (1991) afirma que o ferro é o mais requerido pelas plantas, pois ocorre nos cloroplastos onde está ligado à ativação e constituição de diversas enzimas e participa da síntese protéica. No entanto, para mudas de *Prunus sellowii*, o micronutriente absorvido em maiores quantidades pelas folhas dessa espécie foi o manganês, exceto para o tratamento SC + EC + pó de basalto.

A menor absorção de Mn e Zn pelas folhas de pessegueiro-bravo nos tratamentos com adição de esterco de cavalo, e principalmente quando adicionado pó de basalto, pode estar relacionada por esses tratamentos oferecem um pH mais elevado às mudas.

Verifica-se a tendência, nos tratamentos com pó de basalto, de acúmulo de nutrientes, como cálcio, magnésio, boro, cobre e ferro, sem o correspondente aumento de medidas biométricas. Possivelmente a condição física que o pó de basalto proporcionou ao substrato, com maior porcentagem de partículas finas, o que diminuiu a porosidade (Tabela 18), prejudicou o correspondente crescimento das mudas de *Prunus sellowii*. Supõe-se que com aplicação de menores quantidades de pó de basalto no substrato, haveria uma menor influência do mesmo na aeração, possibilitando às mudas aproveitarem adequadamente os nutrientes do pó de basalto, resultando em crescimento biométricos das mudas.

---

<sup>24</sup> REESE, R.L.; KOO, R.C.J. Effects of N and K fertilization on leaf analysis, tree size and yield of three major Florida orange cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.100, p.195-198, 1975.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seguir são dadas algumas informações adicionais visando aproveitar observações realizadas no trabalho, considerando os dois Ensaio.

Quanto à facilidade de remoção das mudas dos tubetes, observou-se uma certa desvantagem dos tratamentos constituídos com pó de basalto e em menor grau, nos tratamentos com maior porcentagem de húmus de minhoca (Ensaio I). Já para mudas produzidas com fibra de coco em maior quantidade, o sistema radicular conseguiu segurar o torrão mais facilmente, possivelmente devido às fibras.

No Ensaio II, utilizou-se o esterco de cavalo em mistura com o substrato comercial, buscando oferecer com isso uma fonte de matéria orgânica e de microrganismos. Foi escolhido o esterco de cavalo para a presente pesquisa, principalmente pela disponibilidade do material em grandes quantidades e próximo ao local de implantação do experimento. Recomenda-se que sejam realizadas pesquisas com pó de basalto também utilizando o esterco de outros animais, como o bovino.

Pela revisão de literatura dessa pesquisa consta que para solos existem algumas indicações da quantidade de pó de basalto, no entanto, dependendo do autor, essa quantidade pode variar de 0,5 a 497 toneladas de pó de basalto por hectare. Assim, visto as escassas referências da utilização do pó de basalto em produção de mudas em embalagens, na presente pesquisa foi utilizado como base a análise química da rocha para estipular a quantidade de pó de basalto a ser usada. Para novas experiências, recomenda-se que essa quantia, no caso de 15 g de pó de basalto por tubete (100 cm<sup>3</sup>), o que corresponde a 300 toneladas de pó por hectare, seja diminuída. Deste modo os impactos das partículas pequenas do pó de basalto nas propriedades físicas do substrato poderiam ser menores, não prejudicando a porosidade do mesmo.

Verificou-se nesse trabalho que é de fundamental importância a caracterização do basalto utilizado. Pois, dependendo de como ocorreu o resfriamento da lava, os basaltos podem possuir algumas estruturas em seu interior como as amígdalas, que após o resfriamento podem ser preenchidas por diversos minerais. No caso do basalto utilizado nesse experimento, o mineral de preenchimento foi a calcita, o qual é fonte de cálcio. Sugere-se que experimentos sejam desenvolvidos utilizando-se basaltos de diferentes procedências, muito bem caracterizados.

Julgava-se a princípio também, que o contato do pó de basalto com os microrganismos do húmus de minhoca (Ensaio I) ou do esterco de cavalo (Ensaio II), poderia contribuir para a liberação dos nutrientes do mesmo, como discutido na revisão de literatura. No entanto, o pequeno volume oferecido pela embalagem utilizada, ou seja, tubetes médios (100 cm<sup>3</sup>), pode ter dificultado a ação dos microrganismos, justamente pela falta de aeração, fato esse abordado no trabalho. Recomenda-se que sejam realizados trabalhos com a mesma metodologia da presente pesquisa, mas em embalagens maiores.

A granulometria é outro fator interessante a ser estudado. Sabe-se que ao fragmentar a rocha, a superfície de contato das partículas com o meio aumenta. No entanto, há poucas referências referentes à velocidade de liberação dos nutrientes na rocha em relação a granulometria do pó de basalto.

Para minimizar a granulometria fina do pó de basalto, o presente trabalho utilizou materiais como a fibra-de-coco. Para alguns tratamentos notou-se que essa mistura foi de suma importância, refletindo em melhores respostas biométricas das mudas. Foi escolhida a fibra-de-coco, justamente por esse substrato despontar no comércio como um promissor substituto ao xaxim, e enriquecer a literatura sobre esse produto. No entanto, outros materiais poderiam ser testados junto com o pó de basalto, como a casca de arroz carbonizada e o bagaço de cana de açúcar.

As micorrizas e os rizóbios podem conferir grande economia de adubação para as espécies florestais, principalmente as nativas, por potencializarem a obtenção de nutrientes. Assim, sugere-se que sejam realizadas pesquisas utilizando o pó de basalto, com e sem a utilização de micorrizas e/ou rizóbios, dependendo da espécie. Deve-se lembrar, no entanto, de empregar embalagens relativamente grandes, uma vez que os microrganismos dependem de uma boa aeração para seu pleno desenvolvimento, assim como diferentes organismos competem pelo mesmo espaço.

Uma vez encontrada a melhor maneira de utilização do pó de basalto, espera-se que o presente experimento inspire novas pesquisas, para os viveiristas utilizarem o pó de basalto como fertilizante, o que pode representar consideráveis ganhos econômicos. Pela Tabela 28 são visualizados os preços dos adubos utilizados no presente trabalho, assim como do pó de basalto.

TABELA 28 - PREÇO DOS ADUBOS MINERAIS EXTRAÍDOS QUIMICAMENTE E DO PÓ DE BASALTO, QUANDO RETIRADO NA PEDREIRA

ADUBO	Preço do fertilizante mineral			Preço por nutriente
	Saco de 50 kg R\$ (*)	R\$/t	US\$/t (**)	US\$/t
Sulfato de amônio (20% de N)	35,00	700,00	275,59	1.377,95
Superfosfato simples (18% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	28,00	560,00	220,47	1.224,85
Cloreto de potássio (60% de K <sub>2</sub> O)	50,00	1.000,00	393,70	656,17
Fritas Br 12	58,00	1.160,00	456,69	
Pó de basalto - pedrisco (***)	0,50	10,26	4,04	
Pó de basalto - moído (****)	2,00	40,00	15,75	

NOTAS: \* Preços fertilizantes em 2005. \*\* US\$ 1,00 = R\$ 2,54 (valor de 26 abril de 2005). \*\*\* Preço do produto retirado na pedreira Ivo Kerber. \*\*\*\* Preço do pó de basalto depois de passar por um processo de moagem, para diminuir a sua granulometria.

Além do ganho econômico, como visto na Tabela 28, para o meio ambiente os benefícios podem ser ainda maiores, uma vez que estaria evitando o uso excessivo de fertilizantes químicos responsáveis em grande parte, pela poluição da água e pelas mudanças irreversíveis nos solos. Conforme enfatizado por THEODORO (2000), também abrange a vantagem da não necessidade do pó de basalto passar por processos de concentração e ataques químicos, pois já está pronto para ser aplicado. O único processo requerido para obtenção do fertilizante é o de britagem ou moagem, que reduz a granulometria da rocha natural possibilitando uma disponibilização mais rápida dos nutrientes.

Adicionando-se pó de basalto ao substrato, no geral, obteve-se nas folhas das mudas de pessegueiro-bravo, as maiores quantidades de macro e micronutrientes. No entanto, nessas mudas não foram observados os melhores desenvolvimentos biométricos. Seria interessante testar essas mudas em campo, buscando saber se as maiores reservas de nutrientes nas folhas, irão proporcionar maior sobrevivência e desenvolvimento das mudas em campo.

Nesse aspecto, a utilização do pó de basalto na produção de produtos alimentícios poderia significar na obtenção de alimentos com maior poder nutritivo, sendo uma alternativa na agricultura e/ou fruticultura ecológica.

No presente trabalho não foi realizada a análise de nutrientes contidos nas folhas de mudas de bracatinga. Fica então a dúvida em relação às mudas produzidas sem adição de adubação nitrogenada (testemunha e pó de basalto no Ensaio I, e todos os tratamentos no Ensaio II). Julga-se que, nesses casos, sendo a bracatinga uma leguminosa, ela irá potencializar a simbiose com rizóbios para obtenção de N. Assim sendo, se na análise foliar de mudas produzidas sem adubação nitrogenada, esse elemento aparecer em igual ou maior quantidade de quando utilizado adubação, essa seria desnecessária, possibilitando uma economia de adubação.

Considerando o referencial teórico dessa pesquisa e os indícios encontrados quanto à utilização do pó de basalto nos Ensaio I e II, acredita-se no potencial de fertilização do pó de basalto.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que foi desenvolvida esta pesquisa, conclui-se que:

### Para o Ensaio I

1) No geral, mudas de *Mimosa scabrella* obtiveram melhor crescimento quando utilizado substrato de 60% de substrato comercial (SC) a base de *Pinus* sp e vermiculita, 30% de fibra de coco (FC) e 10% de húmus de minhoca. Já para mudas de *Prunus sellowii*, as misturas de substratos proporcionaram pouca diferenciação, sendo preferido o substrato 100% SC, por ser o mais barato, e não precisar realizar misturas.

2) Maior desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella* e *Prunus sellowii* foram obtidas aplicando-se uma adubação mais completa, composta por N, P, K e micronutrientes.

4) A adubação com pó de basalto não permitiu um desenvolvimento das mudas similar à quando aplicada adubação convencional, em ambas as espécies. No entanto, proporcionou os maiores valores de N, P, K, Ca, Mg, B, Fe e Mn nas folhas de mudas de *Prunus sellowii*.

### Para o Ensaio II

1) A adição de esterco de cavalo no substrato prejudicou o crescimento de mudas de *Mimosa scabrella*, e beneficiou o desenvolvimento de mudas de *Prunus sellowii*, na maioria das variáveis e adubações analisadas.

2) A mistura de esterco de cavalo e pó de basalto mostrou-se imprópria para utilização na produção de mudas em tubetes, pois, mesmo apresentando características químicas adequadas, proporcionou qualidades físicas impróprias.

3) A absorção dos nutrientes do pó de basalto pelas mudas pode ter sido prejudicada pelas características físicas que esse proporcionou ao substrato, como a diminuição da porosidade do mesmo.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, F. Nutritional imbalances and constraints to plant growth on acid soils. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, p. 81-87, 1981.

ADRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de plantas em ambiente protegido. In: BARBOSA, J.G, et al. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato: palestras realizadas e resumos apresentados IV Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**. Viçosa: UFV, 2004. p. 11-36.

ALCARDE, J. C.; VALE, F. Solubilidade de micronutrientes contidos em formulações de fertilizantes, em extratores químicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 363-372, mar./abr. 2003.

ALMEIDA, J. A. de; ALMEIDA, K. A. de; MAFRA, A. L. Saprólito de basalto com zeólitas como fonte de nutrientes às plantas. In: **Fertbio 2004 - Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**, 26, Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, v. 1, p. 1-4. 2004.

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

ANDRADE NETO, A. de. **Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes**. Lavras, 1998. 65 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras.

ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema**. Curitiba, 1999. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.

ARAÚJO, R. da C. **Produção, qualidade de frutos e teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em resposta à nutrição potássica**. Viçosa, 2001. 103 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico. As principais espécies nativas sul-brasileiras**. Instituto Souza Cruz, 2002. 326 p.

BALLARIN, M. C. C. Nutrición mineral y abonado para cultivo en substrato de baja actividad química. In: **BARBOSA, J.G, et al. Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato: palestras realizadas e resumos apresentados no IV ENSUB - Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, 4., Viçosa, 2004. p. 92-105.

BALOTA, E. L. et al. Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízico-arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 627-639, 1997.

BARBERI, A. et al. O. Nodulação Em Leguminosas florestais em viveiros no sul de Minas Gerais. **CERNE**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 145-153, 1998.

BARBOSA, Z.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3. p. 519-522, dez. 2003.

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

BARROSO, D. G. et al. Efeitos da adubação em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e a aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) produzidas em substrato constituído por resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 22, n. 4, p. 433-441, 1998.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Nutrição mineral e adubação para cultivos em substratos com atividade química. In: **BARBOSA, J.G, et al**. Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato: palestras realizadas e resumos apresentados no IV ENSUB - Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas, 4., Viçosa, 2004. p.106-128.

BATAGLIA, O. C. Ferro. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p. 159-172.

BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. **Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 6 p.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 105-133.

BERNARDI, A. C. de C.; CARMELLO, Q. A. de C.; CARVALHO, S. A. de. Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, out./dez. 2000.

BONNET, B. R. P. et al. Reciclagem agrícola do lodo de esgotos: impactos ambientais potenciais e monitoramento no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 4, 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Clube de Engenharia / UFRJ, 1995. v. 1. p. 63-72.

BONNET, B. R. P. **Produção de mudas de *Eucalyptus viminalis* Lambill (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Mimosa scabrella* Benth. (Mimosaceae) em substrato com lodo de esgoto anaeróbico digerido alcalinizado e compostado.** Curitiba, 2001. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BORGES, M. R.; COUTINHO, E. L. M. Metais pesados do solo após aplicação de bio-sólido. II – Disponibilidade. **Revista Brasileira de Ciências do Solo.** Viçosa, v. 28, n. 3. mai/jun. 2004.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos.** 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**, v. 2, n. 1, p. 97-111, 1994.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acácia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis.** n. 57, p. 161-170, jun. 2000.

CARNEIRO, J. G. A. Influência dos fatores ambientais, das técnicas de produção sobre o desenvolvimento de mudas florestais e a importância dos parâmetros que definem sua qualidade. In: FLORESTAS PLANTADAS NOS NEOTRÓPICOS COMO FONTE DE ENERGIA. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1983. p. 10-24.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: FUPEF, 1995. 451 p.

CARPANEZZI, A. A. et al. Funções múltiplas das florestas: conservação e recuperação do meio ambiente. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão-SP. **Anais....** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 2003. p. 216-221.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. Cultivo da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) no Brasil e prioridades para o seu aperfeiçoamento. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. 2 v. p. 640-655.

CARPANEZZI, A. A.; IVANCHECHEN, S. L.; LISBÃO JUNIOR, L. **Deposição de matéria orgânica e nutrientes por bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.).** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1984. 3 p.

CARVALHO, P. E. R. Bracatinga. **Circular Técnica**, n. 59, 2002. 12 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: Embrapa-Florestas, 1994. 640 p.

CARVALHO, P. E. R. Resultados experimentais de espécies madeireiras nativas no Estado do Paraná. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1982. p. 747-765.

CITADINI-ZANETTE, V. Diagnóstico ambiental da região carbonífera no Sul de Santa Catarina: recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 5, n. 2, p. 51-61, 1999.

COIMBRA, R. E. Laudo de análise química emitido pelo Setor de Ciências Agrárias, Departamento de solos, n. 39/99 e 1013. 1999.

COONATURA. **Adubos químicos: por que não usá-los**. Disponível em: <[http://www.geocities.com/RainForest/5894/coonaturap3\\_3.html](http://www.geocities.com/RainForest/5894/coonaturap3_3.html)> Acesso em: 25 mar. 2004.

COUTINHO, A. H. L. C. **Avaliação da biodiversidade do solo através de exame de DNA**, 1999. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/pesquisa/temas/temas.html>> Acesso em: 25 mar. 2004.

CRISTAN, C. A. **Basalto agrícola**, 2002. Disponível em: <<http://www.socitrus.com.br/basalto.htm>> Acesso em 13 set. 2004.

D'ANDRÉA, P. A. A rochagem na agricultura de processos. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n. 20, p. 22-23, ago./set. 2003.

DAVIDE, A. C.; JOSÉ, A. C.; PINTO, L. V. A. Produção de mudas de espécies florestais nativas. Programa de pós-graduação em engenharia florestal, Lavras, 2002. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Mini-curso**: BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; PINTO, L. V. A. Recomposição de Matas Ciliares.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Recomposição de matas ciliares em dois sítios às margens da represa de Camargos/Itutinga - MG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ESTUDOS AMBIENTAIS SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 3. - FOREST'94. **Anais...** Porto Alegre, 1994. p. 46-47.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Funções de micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 65-78.

DEICHMANN, V. V. **Noções sobre sementes e viveiros florestais**. Curitiba: Escola de Florestas, UFPR, 1967. 196 p.

DURYEA, M. L. Nursey Cultural Practices: Impacts on Seedling Quality. In: Duryea, M. L.; Landis, T. D. **Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings**. Corvallis: Nursery Technology Cooperative/ USDA For. Oregon State University. Corvallis. 1984. p.143-164.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth)**. Documentos, 20, Curitiba: Centro Nacional de Pesquisas de Florestas, 1988, 70 p.

EMBRAPA. **Relatório de atividades do projeto impacto ambiental e implicações socioeconômicas da agricultura intensiva em água subterrânea**. Jaguariúna: Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental, dez. 1998. 36 p.

FAGERIA, N. K. Influência de micronutrientes na produção de matéria seca e interação com outros nutrientes em culturas anuais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1765-1772, 2002.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, v. 1, 1994. 227 p.

FARIA, M. P. et al. Crescimento inicial da Acácia em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 20, p. 209-216, 1996.

FELIPPE, G. M. Desenvolvimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1986. p. 1-37.

FERMINO, M. H. **Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas**. Porto Alegre, 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FERNANDES, C; CORÁ, J. E.; ZANETTI, M. Propriedades físicas de substratos utilizados na formação de mudas cítricas. In: BARBOSA, J. G. et al. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: IFV, 2004. p. 317.

FONSECA, E. P. **Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucaliptus grandis* W. Hill ex Maiden em “Winstrip”**. Viçosa, 1988. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell e *Aspidosperma polyneuron* Muil Arg. produzidas sob**

**diferentes períodos de sombreamento.** Jaboticabal, 2000. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista.

FONSECA, E. de P. et al. **Target seedlings of *Trema micrantha* (L.) Blume grown under different periods of shading.** *Revista Árvore*, v. 26, n. 4, p. 515-523, jul./ago. 2002.

FURTINI NETO, A. E. et al. Resposta de cultivares de feijoeiro ao enxofre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 567-573, mar. 2000.

GIESSMANN. **Utilização agrícola do pó de basalto.** Associação de Agricultura Ecológica de Witmarsum. 3 f. (Propaganda).

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K.** Viçosa, 2001. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada.** Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

GOMES, J. M.; SILVA, A. R. da. Os substratos e sua influência da qualidade de mudas. In: **BARBOSA, J.G, et al.** Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato: palestras realizadas e resumos apresentados no IV ENSUB - Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas, 4., Viçosa, 2004. p. 190-225.

GOMES, M. A. F. et al.. **Nutrientes vegetais no meio ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 50 p.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p. 310-350.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas florestais. In: SOLO-SUELO- CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996. Águas de Lindóia-SP. **Relação de trabalhos.** Águas de Lindóia: SLCS/SBCS/ESALQ/USP/CEA-ESALQ/USP/SBM, 1996. 1 CD ROM.

GRIGOLETTI JUNIOR, A.; AUER, C. G.; SANTOS, A. F. dos. Estratégias de manejo de doenças em viveiros florestais. **Circular Técnica**, Colombo, n. 47, 2001.

GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial "Casca de Tungue" como componente de substrato para plantas.** Porto Alegre, 2002. 99 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, nov./dec. 2004.

GUIMARÃES, E. M. **Coordenação de extensão museu de geociências, 2002**. Disponível em <<http://www.unb.br/ig/exte/museu/index.htm>> Acesso em 20 nov. 2004.

HENSEL, J. **Pães de pedra**. Pesquisa e tradução: LANDGRAF, H.; RIVERA, J. R.; PINHEIRO, S. São Paulo, 2003. 79 p. Tradução de Brot aus Steinen, durch mineralische Bündigung der Felder.

IAPAR (Londrina, PR). **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49 p.

JANOS, D. P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. **Ecology**, v. 1, n. 61, p. 151-162, 1980.

JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. Seedling quality of southern pines. In: DURYEY, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Eds.). **Forest regeneration manual**. Kluwer Academic Press, Netherlands. 1991, p. 143-159.

JUCZ, I. **Calagem como fonte de dispersão do solo**. Viçosa, 1987. 67 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

KAMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000, 254 p.

KAVALERIDZE, W. C. **Nossos solos: formação, vida dinâmica, tratamento e conservação**. 2. ed. Curitiba, 1978. 168 p.

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

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. 492 p.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**; 3. ed., Piracicaba: E. J. Kiehl, 2002. 171 p.

KNAPIK, B. **Pó de pedra basáltica como fertilizante de solo**. União da Vitória, 1987. 21 f. Monografia (Pós-graduação) – Fundação Faculdade Estadual de Filosofia, Ciências e Letras de União da Vitória.

KUDLA, A. P.; MOTTA, A. C. V.; KUDLA, M. E. Efeito do uso do pó de basalto aplicado em um cambissolo álico sobre o solo e crescimento do trigo. **Agrárias**. Curitiba: Ed. da UFPR, v. 15, n. 2, 1996. p. 187-195.

LEINS, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. São Paulo: Ed. Nacional, 1995.

LEONARDOS, O. H.; FYLE, W. S.; KROMBERG, B. Rochagem: método de aumento de fertilidade em solos lixiviados e arenosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., 1976, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1976. p. 137-145.

LIRA, L. M. **Efeito de substratos e do superfosfato simples no limoeiro (*Citrus limonia* OSBECK cv. cravo) até a repicagem.** Lavras, 1990. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.

LONGO, A. D. **Minhoca de fertilizadora do solo a fonte alimentar.** São Paulo: Ícone, 1987. 79 p.

LOPES, A. S. Extratos de definições, conceitos e legislação sobre fertilizantes. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Viçosa, 1999. p. 37-42.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Ed. Plantarum, v. 1, 1998. 352 p.

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

LUCHIARI JUNIOR, A.; TOLEDO, L. G.; FERREIRA, C. J. A. Influência das atividades agrícolas na qualidade de água superficiais e subterrâneas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo/ Ver. Plantio Direto, 1997. p. 11-23.

MACHADO, F. B. et al. **Enciclopédia multimídia de minerais em Atlas de rochas.** 2003. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm/>> Acesso em: 10 mai. 2004.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal.** São Paulo: EPU, 1985. p. 333-350.

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

MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A. E.; PAULINO, V. T. Micronutrientes uma visão geral. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., Jaboticabal, 1988. **Anais...** Piracicaba: Potafos/ CNPq, 1991. 734 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba/SP: Potafos, 1997. 319 p.

MALVESTITI, A. L. **Uso das fibras de coco na floricultura**. SUL FLORES, 2. Curitiba, 2003. (Palestra).

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: Ed. da Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 200 p.

MARTINEZ, H. E. P. Distúrbios nutricionais em hortaliças cultivadas em substratos com baixa atividade química. In: **BARBOSA, J.G, et al**. Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato: palestras realizadas e resumos apresentados no IV ENSUB - Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas, 4., Viçosa, 2004. p. 129-157.

MASCHIO, L. M. de A. et al. Bracatinga (*Mimosa scabrella*), eucalipto (*Eucalyptus viminalis*) e pinus (*Pinus taeda*) na recuperação da biodiversidade, a nível microbiológico, de solos degradados. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 457-462.

MAZUCHOWSKI, J. Z. **Organização da reposição florestal**. Curitiba: PROJETO FAO-GCP / BRA / 025 / FRA., 1990. 126 p. (Série Subsídios Florestais, 2).

McTAGUE, J. P.; TINUS, R. The effects of seedlings quality and forest site weather on field survival of ponderosa pine. **Tree Planters' Notes**, n. 1, v. 47, p. 16-23, 1996.

MEC           PREC.           **Substratos**.           2004.           Disponível           em  
<[http://www.mecprec.com.br/mp\\_br.htm](http://www.mecprec.com.br/mp_br.htm)> Acesso em: 21 nov. 2004.

MEDEIROS, J. D. **Reflorestar é preservar**. 2. ed. Rio de Janeiro: Souza Cruz. 1997. 46 p.

MIELNICZUK, J. Formas de potássio em solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 1, p. 55-61, 1977.

MINEROPAR. **Levantamento das potencialidades minerais dos municípios**: União da Vitória – PR. Curitiba/ União da Vitória, 1991. 50 p.

MORAES NETO, S. P. de. et al. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, Viçosa. v. 27, n. 2, mar./abr. 2003. p. 129-137.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M. Efeitos da luminosidade sobre o estado nutricional de mudas de seis espécies arbóreas, que ocorrem na mata atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 29-38, 2001.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; TAKAKI, M. Produção de mudas de seis espécies arbóreas, que ocorrem nos domínios da floresta atlântica, com diferentes substratos de cultivo e níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 277-287, 2001.

MORTVEDT, J. J. Micronutrient's fertilizer technology. In: MORTVEDT, J. J. et al (eds.) **Micronutrients in agriculture**, 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 523-548.

MOTTA, A. C. V.; FEIDEN, A. Avaliação do P em LE submetido a diferentes doses de basalto. **Agrárias**, Curitiba, v. 12, n. 1/2, p. 47-54, 1992/3.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. de. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de. **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.

NOLASCO, A. M.; GUERRINI, I. A.; BENEDETTI, V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fontes de nutrientes e condicionadores do solo em plantios florestais. In: GONÇALVES, J. L. M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 385-414.

NOVAES, A. B. de. et al. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 675-681. nov./dez. 2002.

NOVAIS, R. F. et al. Eficiência Agronômica de Escórias de Siderurgia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, 1995, v. 4. p. 2282-2284.

OLEYNIK, J. et al. **Análise de solo**: tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados. Curitiba: EMATER-PR, 2004. 64 p.

OLIVEIRA, A. C. et al. Uso de escória de alto forno como fonte de nutrientes na adubação florestal. In: GUERRINI, I.A.; BELLOTE, A.F.J.; BULL, L.T. **Seminário sobre uso de resíduos florestais e urbanos em florestas**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais., 1994. p. 77-96.

PARVIAINEN, J. O desenvolvimento radicular das mudas florestais no viveiro e no local de plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., Curitiba, 1981. **Anais...**Curitiba: FUPEF, v. 2, 1981. p. 111-130.

PIROLI, E. L.; BORDIN, A. F.; SCHUMACHER, M. V. Desenvolvimento de mudas repicadas de *Cordia trichotoma* em diferentes dosagens de vermicomposto. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS NATURAIS DO MERCOSUL: o ambiente da floresta, 1., 1996, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. p. 29-32.

PREVEDELLO, B. M. S.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M. R. (Org.). **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas**. Curitiba: Departamento de solos e engenharia agrícola-UFPR, 2003. p. 123-141.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: PREVEDELLO, C. L., 1996. 446 p.

PRICHETT, W. L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. México: LIMUSA, 1986. 634 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, 1990. 549 p.

PROPASTO. Fósforo: elemento chave para as pastagens. **Jornal PROPASTO**, Goiás, n. 8, set./out. 2001.

RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato - Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142 p.

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

RAIJ, B. V. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. Piracicaba: POTAFOS, 1990. 45 p.

REIS, E. L. Processo de obtenção de mudas de seringueira em tubetes. I. Avaliação do desenvolvimento das plântulas com diferentes adubações. **Agrotópica**, Ilhéus, v. 1, n. 3, p. 194-197, 1989.

REIS, E. L. Processo de obtenção de mudas de seringueira em tubetes. II. Influência de diferentes substratos e adubações. **Agrotópica**, Ilhéus, v. 3, n. 2, p. 81-86, 1991.

REIS NETO, J. M. dos. **Laudo técnico: Análise Petrográfica de Rochas**. LAMIR, N. 243/04 A. 2004.

- RESENDE, M. et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa, 2002. 338 p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
- RIVADENEIRA, R. **Em busca del substrato ideal**. Chile Forestal, Santiago, v. 18, p. 34-36, 1995.
- ROCHA, M.; MALAVOLTA, E. Perspectivas de demanda, comercialização e produção industrial de enxofre e micronutrientes para a agricultura. In: BORKET, C. M.; LANTMANN, A. F. **Anais do Simpósio Enxofre e Micronutrientes na Agricultura Brasileira**. Londrina: EMBRAPA, 1988. p. 277-309.
- RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Requisitos de qualidade física e química de fertilizantes minerais. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 59-78.
- ROSA JÚNIOR, E. J. et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill, em tubetes. **Revista das Ciências Agrárias**, v. 1, p. 18-22, 1998.
- ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y. M. M. Área de distribuição natural da bracatinga (*Mimosa scabrella*). SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., Curitiba, 1981. **Anais...** Bracatinga uma alternativa para reflorestamento. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 117-122. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).
- SANTOS, C. B. dos. et al. Efeito do volume de tubete e tipos de substrato na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.
- SCHELLER, E. **Fundamentos científicos da nutrição vegetal na agricultura ecológica**. 1998. 78 p.
- SCHMITZ, J. A.; SOUZA, P. V. D. de; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 937-944, 2002.
- SCHUMACHER, M. V. et al. Influência do vermicomposto na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 121-130, 2001.
- SHENK, M. K.; BARBER, S. A. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. **Agronomy Journal**, v. 71, p. 921-924, 1977.

SILVA, V. A. **Potássio em solos de regiões cafeeiras de Minas Gerais: formas e cinética de liberação por ácidos orgânicos**. Lavras, 1999. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras.

SONNEVELD, C.; ENDE, J. V. D.; DIJK, P. A. V. Analysis of growing media by means of a 1:1,5 volume extract. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 5, n. 3, p. 183-202, 1974.

SOUSA, G. F. **Manejo do solo e seu efeito no crescimento e produção do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Spreng) Schumann), na composição florística e biomassa de plantas invasoras em Sistemas Agroflorestais no Município de Presidente Figueiredo, Amazonas**. Manaus, 2000. 161 f. Tese (Doutorado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas.

SPURR, S. H.; BARNES, B. V. **Ecologia forestal**. México: AGT, 1982. 571 p.

STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 125-150.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed ed., 2004. 19 p.

TAVEIRA, J. A. Substratos: Cuidados na escolha do tipo mais adequado. **Boletim Ibraflor Informativo**, n. 13, dez. 1996.

TÁVORA, J. E de M. Reservas minerais de potássio e suas explorações. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina. **Anais...** Londrina: POTASSA, 1982, p.37-50.

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

THOMPSON, E. Seedling morphological evaluation: what you can tell by looking. In: Evaluation Seedling Quality: Principles Procedures and Predictive Bilities F Major Tests, 1984, Corvallis. **Proceedings...**Corvallis: Forest Research Laboratory, 1985. p. 59-71.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Editora Guaíba: Agropecuária, 1997.

TURNER, F.J.; VERHOOGEN, J. **Igneous and Metamorphic Petrology**. 2 ed. New York: McGraw-Hill. 1960. 694 p.

VALE, F. R. et al. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 609-616, set. 1996.

VELOSO, C. A. C. Alumínio e a absorção de cálcio por mudas de pimenta do reino. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 141-145, jan./mar. 2000.

VILELA, L.; ANGHINONI, I. Morfologia do sistema radicular e cinética de absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio-fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 91-96, 1984.

VOGTMANN, H.; WAGNER, R. **Agricultura Ecológica: Teoría y Práctica**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1987. 168 p.

WENDLING, I.; FERRARI, M. F.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas**. Colombo: Embrapa-florestas, 2002. 48 p. (Documentos, n. 79).

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

ZEN, S. et al. Resíduos urbanos como fonte de nutrientes em povoamentos de eucalipto. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1994, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/UNESP, 1994. p. 25-39

## **APÊNDICE**

TABELA A1 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL ALTURA DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	2	124,653	88,79	0,000001
Adubação (A)	3	32,521	23,16	0,000001
S x A	6	3,588	2,56	0,028571
Resíduo	60	1,404		
Média geral	11,11			
C.V. (%)	10,66			

TABELA A2 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	2	1,902	51,98	0,000001
Adubação (A)	3	0,191	5,22	0,002855
S x A	6	0,091	2,47	0,033319
Resíduo	60	0,037		
Média geral	1,747			
C.V. (%)	10,95			

TABELA A3 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA DA PARTE AÉREA DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	2	1,537	68,00	0,000001
Adubação (A)	3	0,571	25,27	0,000001
S x A	6	0,228	10,07	0,000001
Resíduo	84	0,023		
Média geral	0,528			
C.V. (%)	4,28			

TABELA A4 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA DE RAÍZES DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	2	0,644098	106,09	0,000001
Adubação (A)	3	0,110971	18,28	0,000001
S x A	6	0,104341	17,19	0,000001
Resíduo	84	0,006071		
Média geral	0,419			
C.V. (%)	18,60			

TABELA A5 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA TOTAL DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO I

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	2	4,155	115,07	0,000001
Adubação (A)	3	1,155	31,99	0,000001
S x A	6	0,612	16,95	0,000001
Resíduo	84	0,036		
Média geral	0,948			
C.V. (%)	20,04			

TABELA A6 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL ALTURA DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	2	12,526	12,40	0,000031
Adubação (A)	3	205,172	203,18	0,000001
S x A	6	3,386	3,35	0,006471
Resíduo	60	1,010		
Média geral	19,19			
C.V. (%)	5,24			

TABELA A7 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	2	0,031	2,58	0,083996
Adubação (A)	3	0,992	83,67	0,000001
S x A	6	0,024	2,06	0,071796
Resíduo	60	0,012		
Média geral	2,774			
C.V. (%)	3,93			

TABELA A8 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA DA PARTE AÉREA DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	2	0,166	27,89	0,000001
Adubação (A)	3	1,753	295,32	0,000001
S x A	6	0,039	6,56	0,000006
Resíduo	108	0,006		
Média geral	0,715			
C.V. (%)	10,78			

TABELA A9 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA DE RAÍZES DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	2	0,005	2,45	0,091058
Adubação (A)	3	0,152	63,07	0,000001
S x A	6	0,010	4,38	0,000532
Resíduo	108	0,002		
Média geral	0,320			
C.V. (%)	15,38			

TABELA A10 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA TOTAL DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO I

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	2	0,222	20,98	0,000001
Adubação (A)	3	2,917	275,65	0,000001
S x A	6	0,075	7,11	0,000002
Resíduo	108	0,011		
Média geral	1,035			
C.V. (%)	9,94			

TABELA A11 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL ALTURA DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	1	238,724	70,8	0,000001
Adubação (A)	2	171,049	50,7	0,000001
S x A	2	64,996	19,3	0,000002
Resíduo	36	3,372		
Média geral	13,50			
C.V. (%)	13,60			

TABELA A12 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	1	2,554	184,38	0,000001
Adubação (A)	2	2,855	206,14	0,000001
S x A	2	0,653	47,12	0,000001
Resíduo	36	0,014		
Média geral	2,08			
C.V. (%)	5,66			

TABELA A13 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA DA PARTE AÉREA DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	1	4,300	365,61	0,000001
Adubação (A)	2	3,317	282,01	0,000001
S x A	2	0,806	68,53	0,000001
Resíduo	66	0,012		
Média geral	1,04			
C.V. (%)	10,41			

TABELA A14 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA DE RAÍZES DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	1	0,997	284,48	0,000001
Adubação (A)	2	0,861	245,60	0,000001
S x A	2	0,211	60,33	0,000001
Resíduo	66	0,004		
Média geral	0,530			
C.V. (%)	11,17			

TABELA A15 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA TOTAL DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* NO ENSAIO II

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	1	9,438	382,27	0,000001
Adubação (A)	2	7,556	306,04	0,000001
S x A	2	1,843	74,65	0,000001
Resíduo	66	0,025		
Média geral	1,572			
C.V. (%)	10,00			

TABELA A16 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL ALTURA DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	1	0,609	0,04	0,834343
Adubação (A)	2	68,397	5,00	0,013376
S x A	2	28,906	2,11	0,138563
Resíduo	30	13,683		
Média geral	24,140			
C.V. (%)	15,32			

TABELA A17 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	1	0,000	0,00	0,950583
Adubação (A)	2	0,129	1,68	0,203360
S x A	2	0,048	0,62	0,543964
Resíduo	30	0,077		
Média geral	2,798			
C.V. (%)	9,89			

TABELA A18 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA DA PARTE AÉREA DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	1	0,004	0,66	0,417764
Adubação (A)	2	0,681	116,86	0,000001
S x A	2	0,090	15,50	0,000003
Resíduo	66	0,006		
Média geral	1,040			
C.V. (%)	7,34			

TABELA A19 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA DE RAÍZES DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	1	1,000	0,24	0,629396
Adubação (A)	2	0,064	29,50	0,000001
S x A	2	0,019	8,71	0,000441
Resíduo	66	0,002		
Média geral	0,366			
C.V. (%)	12,68			

TABELA A20 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL BIOMASSA SECA TOTAL DE MUDAS DE *Prunus sellowii* NO ENSAIO II

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Nível de significância
Substrato (S)	1	0,013	1,59	0,212214
Adubação (A)	2	1,133	134,82	0,000001
S x A	2	0,169	20,13	0,000001
Resíduo	66	0,008		
Média geral	1,403			
C.V. (%)	6,53			