

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS**  
**AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Efeito da adição de nitrogênio e cálcio no  
crescimento inicial de leguminosas  
arbóreas de restinga**

**Ludmila de Carvalho Sampaio**

**2009**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**EFEITO DA ADIÇÃO DE NITROGÊNIO E CÁLCIO NO  
CRESCIMENTO INICIAL DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS  
DE RESTINGA**

**LUDMILA DE CARVALHO SAMPAIO**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Silvia Regina Goi**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ  
Junho de 2009

631.821

S192e

T

Sampaio, Ludmila de Carvalho, 1981-

Efeito da adição de nitrogênio e cálcio no crescimento inicial de leguminosas arbóreas de restinga / Ludmila de Carvalho Sampaio. – 2009.

56 f.: il.

Orientador: Silvia Regina Goi.

Dissertação (mestrado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Bibliografia: f. 41-49.

1. Calagem dos solos - Teses. 2. Plantas – Efeito do nitrogênio - Teses. 3. Leguminosa - Crescimento – Teses. I. Goi, Silvia Regina, 1954-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**LUDMILA DE CARVALHO SAMPAIO**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 29 de junho de 2009.

---

Silvia Regina Goi. Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ  
(Orientadora)

---

Luiz Roberto Zamith. Dr. PMRJ

---

Marcos Gervasio Pereira. Prof. Dr. UFRRJ

*Dedico este trabalho aos meus pais,  
Célia e Marcos, pela confiança em  
mim depositada, pelo estímulo e  
apoio incondicional para que eu  
realizasse meus sonhos.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida, por todas as oportunidades que me foram dadas, pelas oportunidades que Ele ainda me reserva e por todas as pessoas maravilhosas que foram colocadas em meu caminho.

Aos meus pais, Célia e Marcos, pelo exemplo e por todo o auxílio e força que me deram para que eu concluísse meus estudos e ao meu irmão, Eduardo, por sua amizade.

Aos familiares que me ajudaram e torceram por mim.

À Professora Dra. Silvia Regina Goi, pela orientação, amizade, compreensão e pelo apoio e dedicação empregados neste trabalho.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade e experiência de vida. Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, pela oportunidade de realizar este curso. Ao Departamento de Ciências Ambientais, pelo apoio recebido.

Ao Edilberto Rosendo de Lima (Viveiro da Fazenda Modelo, PMRJ) e Márcio Pestana (Viveiro de Grumari, PMRJ), pela atenção e pela doação de sementes para os experimentos.

Ao Professor Jorge Mitiyo Maêda, pelo esclarecimento de dúvidas na análise estatística.

Ao doutorando Fábio Souto de Almeida, pelo auxílio na elaboração da curva de neutralização do solo.

Ao Professor Dr. Marcos Gervasio Pereira e Dr. Luiz Roberto Zamith, por participarem da composição da banca e pelas preciosas contribuições na correção do trabalho.

Aos funcionários do viveiro do Instituto de Florestas, Flávio e Zedequias, e em especial, ao Sebastião, pela imensa ajuda quando necessária.

Ao LABFER - Laboratório de análise de solo, planta e resíduos, pela realização da análise química do solo.

À EMBRAPA Agrobiologia, pela doação do inoculante utilizado.

À CAPES pelo auxílio financeiro.

A todos os professores e funcionários do Instituto de Florestas.

A todos os colegas da turma 2007/I do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

A todos os amigos e amigas que fiz, ao longo destes anos na UFRRJ, em especial a Amanda, Mariana Lima, Ana, Joelma, Priscilla, Roberta, Tatiane, Mariana Nery, Júlia, Luciana, Marcelo Ângelo e Leandro, amigos de toda hora e por toda minha vida.

A todos, que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

SAMPAIO, Ludmila de Carvalho. **Efeito da adição de nitrogênio e cálcio no crescimento inicial de leguminosas arbóreas de restinga.** 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

Devido ao elevado estado de degradação dos ecossistemas de restinga é de extrema importância considerar ações para a conservação e recuperação dos poucos remanescentes ainda existentes. Para isso faz-se necessária a realização de estudos relacionados ao crescimento das espécies encontradas nestas áreas, visando melhores condições para a produção de mudas. Dentro desta proposta, o presente trabalho teve como objetivos: 1- avaliar o crescimento de *Senna appendiculata* e *Senna bicapsularis*, utilizando diferentes fontes e doses de nitrogênio mineral; e 2- caracterizar a resposta de *Senna appendiculata*, *Senna bicapsularis* e *Machaerium lanceolatum* à calagem e a mudanças do pH do solo. Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação, em vasos contendo como substrato, solo arenoso de baixa fertilidade. Para o experimento de efeito de diferentes doses e fontes de nitrogênio foram utilizados sete tratamentos: testemunha (sem nitrogênio),  $\text{NO}_3^-$  (10 mg N/planta),  $\text{NO}_3^-$  (20 mg N/planta),  $\text{NH}_4^+$  (10 mg N/planta),  $\text{NH}_4^+$  (20 mg N/planta),  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  (10mg N/planta) e  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  (20 mg N/planta). No experimento de resposta à calagem e mudança do pH do solo foram utilizados quatro tratamentos: 0, 2, 4 e 6 t de calcário/ha. Os parâmetros avaliados foram: altura da planta, comprimento da raiz, acúmulo de matéria seca da raiz e da parte aérea, diâmetro do coleto, pH do solo, relação raiz/parte aérea, incremento médio em altura (IMA) e taxa de crescimento relativo, este último apenas para a espécie *S. pendula*. Os resultados obtidos apresentam uma tendência a indicar que a fonte preferencial de nitrogênio para a espécie *S. appendiculata* seria o amônio. O crescimento da espécie *Senna pendula* foi influenciado pela aplicação de nitrogênio, no entanto não foi possível determinar a fonte de nitrogênio preferencial. Nenhuma das espécies estudadas teve seu crescimento limitado em condições de solo ácido. A espécie *S. appendiculata* demonstrou preferência por solos ácidos e a calagem não seria necessária para a produção de mudas desta espécie, podendo influenciar negativamente o crescimento da mesma. A calagem não influenciou o crescimento de *M. lanceolatum*.

**Palavras-chave:** nitrato, amônio, calagem.

## ABSTRACT

SAMPAIO, Ludmila de Carvalho. **Effect of nitrogen and calcium on the initial grown of restinga species.** 2009. 56 f. Dissertation (Master in Environmental and Forest Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

The Restinga is one type of sand coastal ecosystems that are suffering with high anthropic impact and is important the consideration of any action related to the recovery and conservation of the last remaining areas. For that, is necessary to study the grown and the best conditions for seedling production of species that are native from these ecosystems. In this context, the present work had the objectives: 1- study the response of *Senna appendiculata* and *Senna bicapsularis* to different sources and amount of nitrogen. 2- study the response of *S. appendiculata*, *Senna bicapsularis* and *Machaerium lanceolatum* to lime and to a changes in the soil pH. The experiments were conduct under greenhouse conditions in pots filled with sand soil with low fertility. For the experiment with different sources and amount of nitrogen, seven treatments were applied: control (without nitrogen),  $\text{NO}_3^-$  (10 mg N/ plant),  $\text{NO}_3^-$  (20 mg N/plant),  $\text{NH}_4^+$  (10 mg N/plant),  $\text{NH}_4^+$  (20 mg N/plant),  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  (10mg N/plant) e  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  (20 mg N/plant). For the experiments with lime and soil pH, four treatments were applied: 0, 2, 4 and 6 t/ha of lime. For each experiment, the following measurement were made: shot and root dry weight, root length, plant height, soil pH, root/shoot ratio, collar diameter and relative growth rate (RGR was estimated only for *S. pendula*). The results suggest tendency for indicate that the preferential source of nitrogen for *S. appendiculata* was  $\text{NH}_4^+$ . However for *S. pendula* with the obtained results is not possible to describe the preferential source of nitrogen, although the grown was affected by the nitrogen applied. None of studied plants had the growth limited by acid soil conditions. *Senna appendiculata* showed preference for growing at low soil pH and the lime was not necessary for the promotion of plant grown. In this conditions if lime is applied can cause a decrease in plant grown. Lime applied showed no effect on the growth of *M. lanceolatum*.

**Key words:** nitrate, ammonium, liming.



## SUMÁRIO

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | INTRODUÇÃO.....   | 1  |
| 2     | REVISÃO DE LITERATURA .....   | 2  |
| 2.1   | Caracterização do Ecossistema Restinga e Suas Limitações Nutricionais.....                                | 2  |
| 2.2   | As Espécies de Leguminosas Utilizadas .....   | 4  |
| 2.3   | Germinação e Dormência de Sementes Florestais .....   | 6  |
| 2.4   | Nutrição Nitrogenada em Espécies Arbóreas .....   | 9  |
| 2.5   | Calagem no Crescimento de Espécies Arbóreas .....   | 11 |
| 3     | MATERIAL E MÉTODOS.....   | 14 |
| 3.1   | Coleta e Germinação das Sementes e Condução dos Experimentos.....   | 14 |
| 3.1.1 | Coleta e germinação das sementes de <i>Senna appendiculata</i> .....                                      | 14 |
| 3.1.2 | Coleta e germinação das sementes de <i>Senna pendula</i> .....  | 16 |
| 3.1.3 | Coleta e germinação das sementes de <i>Machaerium lanceolatum</i> .....                                   | 16 |
| 3.1.4 | Condução dos experimentos.....  | 17 |
| 3.2   | Efeito de Diferentes Fontes e Doses de Nitrogênio no Crescimento de Leguminosas Arbóreas de Restinga..... | 18 |
| 3.3   | Efeito da Calagem e do pH do Solo no Crescimento de Leguminosas de Restinga ....                          | 19 |
| 3.4   | Parâmetros Avaliados .....  | 21 |
| 4     | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 22 |
| 4.1   | <i>Senna appendiculata</i> .....  | 22 |
| 4.1.1 | Efeito de diferentes fontes e doses de nitrogênio no crescimento de <i>Senna appendiculata</i> .....      | 22 |
| 4.1.2 | Efeito da calagem e do pH do solo no crescimento de <i>Senna appendiculata</i> .....                      | 25 |
| 4.2   | <i>Senna pendula</i> .....  | 28 |
| 4.2.1 | Efeito de diferentes fontes e doses de nitrogênio no crescimento de <i>Senna pendula</i> ..               | 30 |
| 4.2.2 | Efeito da calagem e do pH do solo no crescimento de <i>Senna pendula</i> .....                            | 33 |
| 4.3   | <i>Machaerium lanceolatum</i> .....   | 36 |
| 4.3.1 | Efeito da calagem e do pH do solo no crescimento de <i>Machaerium lanceolatum</i> .....                   | 36 |
| 5     | CONCLUSÕES .....  | 40 |
| 6     | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 41 |

# 1 INTRODUÇÃO

Como definição de caráter geológico, as restingas são planícies litorâneas cobertas por deposição marinha, resultante do recuo dos níveis de oceanos há cerca de 5 mil anos, durante o Quaternário. Depois do recuo, houve deposição fluvial e lacustre, contendo em parte, material proveniente das escarpas do Complexo Cristalino, características do litoral Sul e Sudeste brasileiro, ou do arenito da Formação Barreiras. Essas planícies situam-se sob clima tropical úmido, sem estação seca, com precipitações médias anuais ao redor de 1.700-2.000 mm. A maior quantidade de nutrientes na planície costeira provém de precipitações atmosféricas, estando principalmente fixada na biomassa vegetal (MANTOVANI, 2004).

O termo genérico restinga utilizado neste trabalho, refere-se a várias feições geológicas e geomorfológicas como dunas, cordões arenosos, praias, cúspides, assim como à vegetação existente nesses locais, como sugerido por RONCARATI & MENEZES (2005).

A Resolução CONAMA nº 7 (BRASIL, 1996) define a vegetação de restinga como o conjunto das comunidades vegetais, fisionomicamente distintas sob influência marinha e flúvio-marinha. Essas comunidades, distribuídas em mosaicos, ocorrem em áreas de grande diversidade ecológica, sendo consideradas comunidades edáficas por dependerem mais da natureza do solo que do clima.

Por serem localizadas sempre próximas às praias, as restingas são constantemente ameaçadas pela ocupação imobiliária. O processo histórico de ocupação do solo no Brasil e em especial no estado do Rio de Janeiro, resultou em uma degradação, perda da diversidade de espécies e redução dos ecossistemas naturais, incluindo-se nestes, as áreas de restinga. A vegetação situada nas restingas, com a função de fixar dunas ou estabilizar mangues, é considerada de preservação permanente, e assim protegida por lei, consoante artigo 2º e alínea “f”, do Código Florestal Brasileiro, lei nº 4.771/65 (BRASIL, 1965). Em relação ao Bioma Mata Atlântica, no qual as formações vegetais de restinga estão inseridas, a utilização e proteção da vegetação deste bioma estão dispostas na lei nº 11.428/06 (BRASIL, 2006), já o corte, a exploração e a supressão das vegetações inseridas no domínio da Mata Atlântica são proibidos pelo Decreto 750/93 (BRASIL, 1993).

De acordo com ZAMITH & SCARANO (2004) existe uma escassez de informações sobre a propagação sexuada da flora de restinga, dificultando os projetos de recuperação destas áreas. Para o sucesso da recomposição de áreas de restinga faz-se necessário a realização de estudos relacionados às espécies encontradas nestas áreas, como o de fenologia das espécies; os métodos de colheita de sementes, beneficiamento e armazenamento de sementes e seus mecanismos de dormência e germinação; embalagens e substratos para crescimento e manejo de mudas, bem como as necessidades nutricionais para o crescimento destas mudas e seu estabelecimento no campo.

Visando contribuir com informações relativas à produção de mudas de espécies de restingas, o presente trabalho tem como objetivos: 1- avaliar o crescimento de *Senna appendiculata* e *Senna pendula*, utilizando diferentes fontes e doses de nitrogênio mineral; e 2- caracterizar a resposta de *Senna appendiculata*, *Senna pendula* e *Machaerium lanceolatum* à calagem e a mudanças do pH do solo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Caracterização do Ecossistema Restinga e Suas Limitações Nutricionais

Conforme observado por ARAÚJO & HENRIQUES (1984) as restingas ocorrem, no estado do Rio de Janeiro, de Itabapoana, na divisa com o Espírito Santo (21°18'S. Lat.) até a praia de Trindade (23°22'S. Lat.), ou seja, em toda extensão do litoral.

As restingas do litoral fluminense são formadas em áreas de relevo suave ondulado, quando os efeitos da deposição e erosão ao longo da costa se equilibram com efeitos da variação do nível do mar. Estes depósitos crescem verticalmente e migram em direção à costa, acompanhando a subida do nível do mar. Uma vez formadas, são modeladas pela atuação das correntes geradas por ondas e marés (DIAS & SILVA, 1984).

As planícies arenosas das restingas são ocupadas por uma grande variedade de comunidades vegetais, devido à diversidade de sua topografia e diferentes condições ambientais, propiciando a formação de muitos habitats e conseqüentemente, de uma flora rica e variada (ARAÚJO, 1984). Dentre os ecossistemas associados à Mata Atlântica, as florestas de restinga são as mais frágeis e susceptíveis a perturbações antrópicas (REIS-DUARTE *et al.*, 2007).

A Resolução CONAMA nº 7 (BRASIL, 1996), que determina as diretrizes para análise dos estágios de sucessão da vegetação de restinga para o Estado de São Paulo, divide as formações vegetais de restinga em: vegetação de praias e dunas, vegetação sobre cordões arenosos, vegetação associada às depressões e floresta de transição restinga-encosta. Para o Estado do Rio de Janeiro a tipologia da vegetação de restinga é composta pelos tipos: reptante, arbustivo fechado pós-praia, herbáceo inundável, arbustivo aberto não inundado, arbustivo aberto inundável, arbóreo não inundado, arbóreo periodicamente inundado, arbóreo permanentemente inundado e lagunar (RIO DE JANEIRO, 2008). Na restinga da Marambaia foram caracterizadas 11 formações vegetais baseadas fundamentalmente na fisionomia, na composição florística e na saturação hídrica do solo: quatro formações herbáceas (herbácea fechada inundável, herbácea fechada inundada, herbácea aberta de praia e herbácea fechada de cordão arenoso), quatro formações arbustivas (arbustiva aberta não inundável, arbustiva aberta inundável, arbustiva fechada de duna e arbustiva fechada pós-praia) e três formações florestais (floresta inundada, floresta inundável e floresta de cordão arenoso) (MENEZES & ARAUJO, 2005).

Segundo ARAUJO (2000) a flora das restingas do Estado do Rio de Janeiro constitui-se de 1005 espécies, pertencentes a 479 gêneros abrangidos por 112 famílias. De acordo com o mesmo autor, as 10 famílias mais importantes em relação ao número de espécies são: Leguminosae, Myrtaceae, Bromeliaceae, Rubiaceae, Orchidaceae, Asteraceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Sapindaceae e Cyperaceae. CONDE *et al.* (2005) citam que a flora vascular da Marambaia está representada por 123 famílias e 615 espécies, sendo 43 Pteridófitas e 569 Angiospermas; as cinco famílias de maior representatividade são Leguminosae (46 espécies e 28 gêneros), Myrtaceae (43 espécies e 12 gêneros) Orchidaceae (40 espécies e 25 gêneros), Rubiaceae (40 espécies e 23 gêneros) e Sapindaceae (24 espécies e 8 gêneros). Também na restinga da Marambaia, DIAS (2005) caracterizou a estrutura do estrato lenhoso de uma comunidade arbustiva fechada sobre cordão arenoso, constatando que a família Myrtaceae foi a família com maior valor de importância, maior riqueza (15 espécies) e maior número de indivíduos (379). Resultado similar foi encontrado por MARTINS *et al.* (2008) em Bertioga, SP, onde a família Myrtaceae (39 espécies) destaca-se como a família de maior riqueza específica (20%), dentre os indivíduos arbóreos. Em Bertioga, foram registradas 611 espécies, representando 351 gêneros distribuídos em 106 famílias, das quais as de maior riqueza

específica são: Orchidaceae (47 espécies), Myrtaceae (39), Bromeliaceae (36), Asteraceae (35), Rubiaceae (34), Leguminosae (32), Cyperaceae (23), Melastomataceae (19), Poaceae (19) e Solanaceae (15) (MARTINS *et al.*, 2008). Ainda no Estado do Rio de Janeiro, as principais famílias de maior riqueza específica que compõe a vegetação de restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, estão: Myrtaceae (12 espécies), Leguminosae (7 espécies), Bromeliaceae (5 espécies), Cactaceae (5 espécies) e Rubiaceae (4 espécies) (ASSUMPCÃO & NASCIMENTO, 2000). Resultados similares foram encontrados por ASSIS *et al.* (2004), no Parque Estadual Paulo César Vinhas, Guarapari, ES, onde foram inventariadas 172 espécies distribuídas em 54 famílias, sendo as mais importantes quanto ao número de espécies Myrtaceae (25), Bromeliaceae (14), Orchidaceae (13), Sapotaceae (10), Lauraceae (7), Rubiaceae (7), Moraceae (5) e Sapindaceae (5).

Em face dos resultados apresentados acima sobre levantamentos da vegetação de restinga, destaca-se a importância das leguminosas, que aparecem em alguns locais em primeiro ou segundo lugar no grupo de espécies arbóreas.

Observando a frutificação de 72 espécies em ambientes de restinga no município do Rio de Janeiro, ZAMITH & SCARANO (2004) notaram que há regularidade na oferta de frutos ao longo do ano, fator influenciado pelas espécies de dispersão não anemocóricas, e principalmente as zoocóricas, o que sugere relativa constância na disponibilidade de alimento à fauna. Os mesmos autores identificaram pouca disponibilidade de sementes para algumas espécies, evento que pode ser atribuído ao adiantado estado de degradação das áreas estudadas. A Restinga da Marambaia, que é uma área melhor preservada, permitiu colheitas exclusivas de frutos de algumas espécies.

Com relação às classes de solos, para a restinga e paleoilha da Marambaia foram caracterizadas as seguintes classes: Associação de Argissolo Amarelo Distrófico + Cambissolo Háptico Tb Distrófico + Neossolo Litólico; Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico; Complexo de: Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico + Neossolo Quartizênico Hidromórfico, ambos tiomórficos; Gleissolo Tiomórfico; Neossolo Quartizarênico Órtico; e Neossolo Quartizarênico Hidromórfico (GÓES *et al.*, 2005).

GOMES *et al.* (2007), estudando os solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso, SP, descrevem a ocorrência de solos com cores mais escuras em subsuperfície (horizonte espódico), com ou sem presença de horizonte E, na maioria dos solos. Em relação à granulometria, esses solos foram caracterizados como arenosos, com predominância da fração areia fina. A caracterização química mostrou solos variando de forte a extremamente ácidos, chegando a valores de pH = 4,1 no horizonte A, com os valores de pH diminuindo em profundidade. Os valores de pH obtidos na solução do solo mostraram tendência de serem mais elevados que os obtidos na terra fina seca ao ar (TFSA), principalmente em profundidade. A capacidade de troca catiônica (CTC) foi altamente dependente da matéria orgânica, com elevados teores de Al trocável, apresentando características álicas. A relação C/N dos horizontes superficiais apresentou valor mínimo de 16,4, chegando a valores maiores que 50 em alguns horizontes hísticos.

HAY & LACERDA (1984) em estudo realizado em restingas do estado do Rio de Janeiro, descrevem que a principal entrada de nutrientes nos ecossistemas costeiros sobre solos arenosos é atmosférica, que é feita tanto pela precipitação úmida quanto pela salsugem, que varia com a distância do mar. Segundo os mesmos autores, os reservatórios de matéria orgânica constituem-se de restos de animais e plantas depositados sobre e dentro do solo. A serrapilheira está presente dentro das moitas de vegetação e escassa entre estas nas regiões desnudas e a principal saída de nutrientes ocorre através da lixiviação do solo e das plantas pela chuva.

PIRES *et al.* (2006) estudaram alguns aspectos relacionados à ciclagem de nutrientes em uma formação de Restinga na Ilha do Mel, Paranaguá, PR, e constataram que a produção

anual de serrapilheira (5080,6 kg. ha<sup>-1</sup>), tal como outras formações de restinga, é inferior à maioria das florestas tropicais, este fato decorre, provavelmente, do solo arenoso e pobre em nutrientes. Os autores observaram que o maior aporte de serrapilheira coincidiu com a estação mais quente e chuvosa, devido à lixiviação e condições de umidade favoráveis a atividade de organismos decompositores.

PEREIRA *et al.* (2005) estudaram as propriedades químicas do solo sob *Neoregelia cruenta*, na restinga da Marambaia-RJ, e citam que a presença desta bromélia aumentou os teores de P e Ca, com redução de acidez, sendo verificado um pequeno aumento no conteúdo de carbono orgânico, indicando o efeito de nucleação de algumas espécies, que teriam a capacidade de formar moitas e participar ativamente das mudanças nas características físicas, químicas e biológicas do solo da restinga.

Em estudo realizado na restinga da Ilha Anchieta, SP, REIS-DUARTE *et al.* (2007) concluíram que o solo possui elevados níveis de Al no subsolo que estariam limitando o desenvolvimento do sistema radicular e, assim, reduzindo o desenvolvimento da vegetação; os baixos níveis de fertilidade encontrados apontam para a necessidade de se estabelecer níveis críticos de nutrientes para o desenvolvimento da vegetação. A reserva de nutrientes do solo da restinga da Ilha Anchieta encontra-se nos primeiros 5 cm de profundidade e principalmente na fitomassa.

Em relação à biota dos solos de restinga, cuja principal função é a participação nos processos de ciclagem de nutrientes, SOUZA (2007) identificou que na Restinga da Marambaia os cinco grupos com maior participação no número total de indivíduos foram Formicidae (32,79%), larvas de Díptera (15,45%), Coleoptera (10,64%), Diptera (8,41%) e Collembola (8,15%). Em relação aos microorganismos, o mesmo autor identificou a presença de seis espécies de fungos micorrízicos arbusculares, distribuídos em três gêneros, sendo o gênero *Acalouspora* o mais rico em espécies.

## 2.2 As Espécies de Leguminosas Utilizadas

A família Leguminosae possui cerca de 727 gêneros e 19.325 espécies e é considerada a terceira maior família das angiospermas (LEWIS *et al.*, 2005 apud NUNES *et al.*, 2007). Esta família está dividida em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae. As espécies desta família possuem ampla distribuição no planeta, estando presentes em regiões de clima tropical, subtropical e temperado. Devido a estes fatores as leguminosas têm importante papel econômico, ambiental e ecológico. Suas espécies destacam-se como medicinais, ornamentais, forrageiras, sendo essenciais na alimentação humana, na extração de óleos e resinas, para produção de lenha, carvão e madeira. De acordo com MARTINS *et al.* (2008), CONDE *et al.* (2005) e ARAUJO (2000) esta é uma família de grande representatividade nas restingas.

FRANCO *et al.* (1992) indicam a utilização de leguminosas arbustivo-arbóreas para a revegetação de áreas degradadas, pois várias espécies apresentam rápido crescimento, com capacidade de se associar em simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e quando associadas a fungos micorrízicos, propiciam melhor aproveitamento do fósforo e outros nutrientes do solo. Ressaltam ainda a importância das leguminosas arbóreas para a recuperação do solo através da deposição de folhedo com baixa relação C/N e pela ação das raízes, que contribuem para a estabilidade do solo e aumento da atividade biológica do mesmo, criando assim condições favoráveis ao estabelecimento de outras espécies mais exigentes.

No presente trabalho foram utilizadas três espécies de leguminosas arbustivo/arbóreas de ocorrência em restingas, sendo estas as espécies: *Senna appendiculata* (Vogel) Wiersema (Leguminosae - Caesalpinioideae), *Senna pendula* (Willd) H. S. Irwin & R. C. Barneby

(Leguminosae - Caesalpinoideae) e *Machaerium lanceolatum* (Vell.) J. F. Macbr. (Leguminosae - Papilionoideae).

A espécie *Senna appendiculata* é um arbusto de pequeno a médio porte que ocorre em todas as restingas do Estado do Rio de Janeiro, possui ramos ascendentes e de hábito variável, com indivíduos crescendo isoladamente ou, então, localizados em fimbrias de moitas (ARAÚJO & HENRIQUES, 1984). Possui folhas com face adaxial lustrosa e glabra, 1(-2) nectário(s) extrafloral(is) fusiforme-elipsóides ou ovóides no pedicelo e pétalas pubescentes dorsalmente (ARAÚJO & SOUZA, 2007); suas flores, de coloração amarela intensa, são agrupadas em inflorescências indeterminadas do tipo panícula, são hermafroditas, pentâmeras e zigomorfas (SILVA *et al.*, 2002). Estudando a biologia floral e reprodutiva da *S. appendiculata* nas restingas de Itaipuaçu e na APA de Maricá, SILVA *et al.* (2002) observaram que a floração desta espécie é anual, entre os meses de dezembro a maio, com pico em janeiro e fevereiro e a liberação das sementes inicia-se em fevereiro e estende-se até meados de junho. Suas flores são atrativas às abelhas, borboletas e pássaros (DAVE'S GARDEN, 2009). Nas restingas do município do Rio de Janeiro, ZAMITH & SCARANO (2004), observaram que a frutificação ocorre entre os meses de março e maio. ZAMITH & SCARANO (2004) também verificaram que indivíduos de *S. appendiculata* possuem suas sementes freqüentemente predadas por insetos antes da maturação, fato que de certa forma é recompensado pela abundante produção de frutos. Em relação à porcentagem de germinação dessa espécie estes autores encontraram taxas que variaram de 2% (mínima) a 11% (máxima). Embora a reclassificação da espécie *S. appendiculata* seja de 1989 (WIERSEMA, 1989), alguns autores (ZAMITH & SCARANO, 2004; SILVA *et al.*, 2002; ARAÚJO & HENRIQUES, 1984) ainda utilizaram o nome *Senna australis* nas publicações.

A espécie *Senna pendula*, atual reclassificação da espécie *Cassia bicapsularis* (ZAMITH & SCARANO, 2004), possui ampla distribuição na América Central e América do Sul, ocorrendo também no México (MORIM & BARROSO, 2007) e é também cultivada como ornamental (RODRIGUES *et al.*, 2005). *S. pendula* é um arbusto que pode atingir 4 metros de altura, possui flores de coloração amarelo ouro, dispostas em inflorescências do tipo racemos axilares ou panículas terminais (Figura 1) (RODRIGUES *et al.*, 2005), seus frutos são do tipo legume bacóide, oblongo, lateralmente comprimido (MORIM & BARROSO, 2007). No Parque Nacional do Itatiaia esta espécie ocorre nos ambientes abertos, na região mais baixa, onde floresce em abril e frutifica em maio (MORIM & BARROSO, 2007). Nas restingas do município do Rio de Janeiro a frutificação ocorre de junho a novembro (ZAMITH & SCARANO, 2004). Analisando a biometria dos frutos e a predação das sementes desta espécie NEVES *et al.* (2008) encontraram 63,29% das sementes danificadas por três espécies de insetos, duas espécies da Família Bruchidae e uma da Família Pyralidae. Observaram também que há uma tendência desta espécie em produzir grandes quantidades de sementes para superar a capacidade de consumo dos predadores, mas que podem limitar o estoque de sementes a serem utilizadas para produção de mudas. De acordo com NAPPO *et al.* (2004) esta espécie pertence ao grupo ecológico das pioneiras.



**Figura 1.** Inflorescência de *Senna pendula*

De acordo com SARTORI & TOZZI (1998) *Machaerium lanceolatum* ocorre na restinga, mata ciliar e mata de galeria, no litoral norte e região leste do estado de São Paulo. De acordo com estes autores é caracterizada pelas folhas 5-7-folioladas, pelos folíolos alternos, opostos e subopostos e pela inflorescência amplamente paniculada; seus frutos são do tipo sâmara. Em estudo realizado com espécies das restingas do Município do Rio de Janeiro, ZAMITH & SCARANO (2004) observaram que esta espécie possui frutos e sementes muito predados e está em vias de desaparecimento regional. No estado de São Paulo o florescimento foi constatado nos meses de abril e a frutificação de maio a agosto (SARTORI & TOZZI, 1998), mesmo período em que frutifica nas restingas do município do Rio de Janeiro (ZAMITH & SCARANO, 2004). *M. lanceolatum* possui taxa de germinação baixa, variando de 0% a 40% (ZAMITH & SCARANO, 2004).

### **2.3 Germinação e Dormência de Sementes Florestais**

Com a crescente demanda por produção de mudas de espécies florestais nativas para a recomposição de áreas degradadas, é necessário o estudo dos processos de germinação e dormência das sementes, fatores estes que, dentre outros, atingem diretamente o processo de produção de mudas. O conhecimento dos principais processos envolvidos na germinação de sementes de espécies nativas é de extrema importância para a preservação das espécies ameaçadas e multiplicação dessas e das demais em programas de reflorestamento (SMIDERLE & SOUSA, 2003). VALADARES & PAULA (2008) ressaltam a importância da utilização de sementes de boa qualidade, cujo principal atributo a ser considerado é a sua capacidade germinativa, pois, sem ela, a semente não tem valor para a semeadura, e dela também depende a qualidade das mudas e o sucesso de um reflorestamento.

De acordo com NASSIF *et al.* (1998), do ponto de vista botânico a germinação é um fenômeno biológico da retomada do crescimento do embrião, com o subsequente rompimento do tegumento pela radícula; entretanto, para os tecnólogos de sementes, a germinação pode ser definida como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião,

manifestando a sua capacidade para dar origem a uma plântula normal, sob condições ambientais favoráveis.

A germinação pode ser influenciada por fatores externos (ambientais) e internos (dormência, inibidores e promotores da germinação) às sementes, fatores estes que podem atuar isoladamente ou em interação com os demais. Dentre os principais fatores ambientais que afetam a germinação pode-se citar: a luz, a temperatura, a disponibilidade de água e o oxigênio (NASSIF *et al.*, 1998).

Um dos fatores ambientais que mais influencia o processo de germinação é a água. De acordo com NASSIF *et al.* (1998), quando há a absorção de água, por embebição, ocorre a reidratação dos tecidos e, conseqüentemente, a intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que resultam no fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada de crescimento por parte do eixo embrionário. Por outro lado, os mesmos autores ressaltam que o excesso de umidade, na maioria das vezes, provoca decréscimo na germinação, visto que impede a penetração do oxigênio e reduz todo o processo metabólico resultante.

Existe uma ampla variação nas respostas germinativas induzidas pela luz, não só pela presença ou ausência da mesma, mas também pela qualidade da luz. Algumas sementes germinam somente no escuro, outras necessitam de um longo ou curto fotoperíodo diário, já outras sementes são indiferentes à luminosidade (NASSIF *et al.* 1998). Sementes fotoblásticas positivas são aquelas cuja germinação é promovida pela luz branca, não germinam no escuro e são produzidas principalmente por plantas heliófilas, enquanto as fotoblásticas negativas são aquelas cuja germinação é inibida pela luz branca (OROZCO-SEGOVIA & VÁZQUEZ-YANES, 1992).

SANTOS *et al.* (2006) analisaram o comportamento germinativo das espécies *Bauhinia forficata*, *Dalbergia nigra* e *Triplaris americana* em diferentes comprimentos de onda e concluíram que as sementes das espécies estudadas apresentaram comportamento de fotoblásticas neutras, podendo germinar em qualquer condição de luz.

Com relação à temperatura, esta pode afetar as reações bioquímicas que determinam todo o processo germinativo (NASSIF *et al.* 1998), influenciando a capacidade de germinação e a taxa em que esta ocorre (MACHADO *et al.*, 2002). As sementes apresentam comportamento variável frente à temperatura, não havendo uma temperatura ótima e uniforme de germinação para todas as espécies (VALADARES & PAULA, 2008), devendo a mesma ser expressa em termos das temperaturas cardeais, isto é, mínima, máxima e ótima, de acordo com cada espécie (MACHADO *et al.*, 2002). A temperatura ótima é definida como sendo aquela em que ocorre o máximo de germinação em tempo relativamente curto (NASSIF *et al.* 1998). De acordo com os mesmos autores, para a maioria das espécies tropicais, a temperatura ótima de germinação encontra-se entre 15 e 30°C, a temperatura máxima varia entre 35 e 40°C e a temperatura mínima pode chegar ao ponto de congelamento.

A temperatura ótima para a germinação pode variar em função da condição fisiológica da semente. À medida que a semente se deteriora, fica mais exigente quanto às temperaturas, passando a apresentar necessidades específicas para que a germinação ocorra (VALADARES & PAULA, 2008). Para uma mesma espécie, as sementes recém-colhidas necessitam de uma temperatura ótima diferente da verificada para as mais velhas, assim como, o efeito da temperatura sobre a germinação também pode sofrer influência da região de origem e de ocorrência da espécie (MACHADO *et al.*, 2002). Há espécies que respondem bem tanto à temperatura constante como à alternada. A alternância de temperatura corresponde provavelmente a uma adaptação às flutuações naturais do ambiente (NASSIF *et al.* 1998). NASSIF *et al.* (1998) ressaltam ainda, que geralmente os fatores luz e temperatura não tem ação independente sobre a germinação de sementes, assim, a temperatura exerce um importante papel na germinação de sementes sensíveis à luz.



A luz e a temperatura podem não exercer efeito sobre a germinação de sementes de determinadas espécies, como foi observado para sementes de *Senna siamea*, que mostraram-se indiferentes à luz e às temperaturas testadas (DUTRA *et al.*, 2007). Resultado similar foi encontrado por TEKETAY (1998), onde o autor constatou que as sementes de *Acacia origena*, *A. pilispina* e *Pterolobium stellatum* são insensíveis à luz, não necessitando de luz para germinação e, quanto à temperatura, as sementes destas espécies germinaram, rapidamente e a altas taxas, em todas as temperaturas testadas, que variou de 10 a 30°C. Para a espécie *Caesalpinia leiostachya*, a germinação das sementes recém-coletadas foi indiferente à luz nas duas temperaturas testadas, constante: 25°C e alternada: 20-30°C, mas quando armazenadas germinaram em maior velocidade à temperatura constante de 25°C (BIRUEL *et al.*, 2007).

Os resultados obtidos por MACHADO *et al.* (2002) indicam que a faixa ótima de temperatura para a germinação de sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) está entre 25°C e 35°C, visto que a germinação é mais rápida na temperatura próxima de 30°C, e concluíram ainda que a temperatura alternada de 20-30°C não é favorável à germinação das sementes desta espécie. Para a espécie *Poecilanthe parviflora*, o teste de germinação pode ser conduzido nas temperaturas constantes de 25°C ou 30°C, ou alternada de 25-35°C (VALADARES & PAULA, 2008).

Mesmo sob condições favoráveis de água, luz, temperatura e oxigênio as sementes podem não germinar e quando isto ocorre é porque as sementes apresentam dormência. A dormência é um mecanismo através do qual as sementes, embora permanecendo viáveis, deixam de germinar mesmo quando submetidas a condições favoráveis do ambiente (SOUZA *et al.*, 2007). A dormência das sementes pode ser iniciada durante seu desenvolvimento, quando são dispersadas da planta matriz em estado dormente, ou a dormência pode ser induzida quando as sementes já se encontram maduras e isto ocorre quando são colocadas para germinar sob condições desfavoráveis (FOWLER & BIANCHETTI, 2000).

De acordo com VIEIRA & FERNANDES (1997), cerca de dois terços das espécies arbóreas possuem algum tipo de dormência, fenômeno este que ocorre tanto em espécies de clima temperado, quanto em espécies de clima tropical e subtropical. A dormência tegumentar ou exógena é a mais comum das categorias de dormência, e está relacionada com a impermeabilidade do tegumento ou do pericarpo à água e ao oxigênio (FOWLER & BIANCHETTI, 2000). ROLSTON (1978 *apud* SMIDERLE & SOUSA, 2003 e DUTRA *et al.*, 2007), observou que das 260 espécies de leguminosas examinadas, cerca de 85% apresentavam sementes com tegumento total ou parcialmente impermeável à água. Segundo FOWLER & BIANCHETTI (2000), as sementes desta família apresentam na testa camadas de um tecido chamado de osteosclereides, que impede a entrada de água e atrasa a germinação por vários anos.

Em condições naturais, a dormência das sementes se constitui em uma estratégia benéfica de sobrevivência para as espécies (SOUZA *et al.*, 2007; BRUNO *et al.*, 2001; FOWLER & BIANCHETTI, 2000; VIEIRA & FERNANDES; 1997). Contudo, em se tratando de produção de mudas, onde é desejável que a germinação ocorra de forma homogênea e em curto espaço de tempo, a dormência torna-se uma característica indesejável.

Para superar a dormência das sementes e conseqüentemente acelerar e uniformizar a germinação são utilizados diversos métodos. Estes métodos são: escarificação química (imersão das sementes em ácido por período de tempo variável para cada espécie); escarificação mecânica (as sementes são submetidas ao despolimento ou a abrasão), imersão em água (quente ou fria, por temperatura e período de tempo variável para cada espécie); estratificação a frio (tratamento úmido à baixa temperatura, por tempo variável para cada espécie); e estratificação quente e fria (alternância de temperaturas, variando em

aproximadamente 20°C) (FOWLER & BIANCHETTI, 2000; VIEIRA & FERNANDES, 1997).

FRANCO *et al.*, (1992) citam que, para a maioria das leguminosas tropicais, é necessário fazer uma escarificação das sementes, para quebrar a dormência e uniformizar a germinação, sendo que a escarificação mecânica das sementes tem se mostrado bastante eficaz para a superação da dormência de algumas espécies florestais, em especial as leguminosas, conforme mencionam FOWLER & BIANCHETTI (2000). Contudo, a aplicação e eficiência desses tratamentos dependem da causa e do grau de dormência da semente, o que é bastante variável entre as espécies (AZEREDO *et al.*, 2003).

A escarificação com ácido sulfúrico mostrou-se eficaz na superação da dormência das sementes de *Senna siamea* (DUTRA *et al.*, 2007); *Leucaena diversifolia* (SOUZA *et al.*, 2007); *Caesalpinia leiostachya* (BIRUEL *et al.*, 2007); *Bowdichia virgilioides* (SMIDERLE & SOUSA, 2003); *Mimosa caesalpiniaefolia* (BRUNO *et al.*, 2001); e *Acacia origena*, *A. pilispina* e *Pterolobium stellatum* (TEKETAY, 1998). A eficiência da escarificação mecânica foi verificada para as sementes de *Senna siamea* (DUTRA *et al.*, 2007); *Bowdichia virgilioides* (SMIDERLE & SOUSA, 2003); *Hymenaea courbaril*, *Schizolobium parahyba* e *Enterolobium contortisiliquum* (AZEREDO *et al.*, 2003); *Mimosa caesalpiniaefolia* (BRUNO *et al.*, 2001); e *Acacia origena*, *A. pilispina* e *Pterolobium stellatum* (TEKETAY, 1998). A simples imersão em água em ebulição por um minuto também é uma alternativa eficaz, de baixo custo e de fácil aplicação, para superação da dormência em sementes de *Leucaena diversifolia* (SOUZA *et al.*, 2007), este mesmo tratamento não foi eficiente para as sementes de *Pterolobium stellatum*, como citado por TEKETAY (1998).

## 2.4 Nutrição Nitrogenada em Espécies Arbóreas

A baixa concentração de nutrientes no solo pode ser uma das limitações para o crescimento de espécies vegetais arbóreas e entre os nutrientes essenciais para o crescimento destas espécies está o nitrogênio. Nas plantas o nitrogênio faz parte de proteínas, ácidos nucleicos e muitos outros importantes constituintes celulares, incluindo as membranas e diversos hormônios vegetais. Sua deficiência causa clorose gradual das folhas mais velhas e redução do crescimento da planta (SOUZA & FERNANDES, 2006).

As principais entradas de nitrogênio no solo são a matéria orgânica, os fertilizantes industriais, sais de amônio e nitrato trazidos da atmosfera pelas chuvas e a fixação biológica de nitrogênio (FBN). A fixação biológica de nitrogênio representa uma economia substancial de energia fóssil, que é empregada na produção de fertilizantes nitrogenados. Sua contribuição no mundo é estimada em 65% do total de N introduzido nos sistemas agrícolas (REIS *et al.*, 2006).

No solo o nitrogênio pode ser encontrado sob as formas de nitrato, amônio, uréia e compostos orgânicos nitrogenados (RAVEN *et al.*, 1996). As espécies vegetais diferem na preferência por fontes de nitrogênio, mas absorvem este nutriente principalmente sob formas inorgânicas como amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ou nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). O  $\text{NO}_3^-$  absorvido pode ser reduzido a  $\text{NH}_4^+$ , através da ação das enzimas nitrato redutase e nitrito redutase, pode ser acumulado no vacúolo ou exportado para outras partes das plantas. O  $\text{NH}_4^+$  absorvido ou proveniente da redução do  $\text{NO}_3^-$  é imediatamente incorporado a esqueletos de C, preferencialmente por meio de enzimas da via glutamina sintetase-glutamato sintase (SOUZA & FERNANDES, 2006).

A preferência de espécies florestais por determinada fonte de nitrogênio ( $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NO}_3^-$ ) pode ser em decorrência de características adaptativas destas espécies (GOI *et al.*, 1997). O conhecimento da fonte de nitrogênio preferencial para determinada espécie é importante para a correta adubação nitrogenada na produção de mudas e em projetos de

reflorestamento, bem como para garantir a nodulação das leguminosas. Diversos trabalhos têm sido realizados com esta finalidade.

VALE *et al.* (1996) estudando a absorção de nitrato e amônio em solução nutritiva, observaram que as espécies mais tolerantes ao alumínio mostraram preferência pelo amônio, em relação ao nitrato. Foi constatado que a fonte de nitrogênio amoniacal também é a fonte preferencial para *Dalbergia nigra* (MARQUES *et al.*, 2006); *Mimosa bimucronata* (SIQUEIRA, 2006); *Schizolobium parahyba*, *Caesalpinia peltophoroides*, *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* e *Anadenanthera macrocarpa* (RODRIGUES, 2004); *Sophora tomentosa* (SILVEIRA FILHO *et al.*, 2004); *Enterolobium contortisiliquum* e *Mimosa scabrella* (CURTI JUNIOR, 1998); *Inga marginata* e *Plathymenia reticulata* (GONÇALVES, 1997).

FURTINI NETO *et al.*, (2000) citam que o nitrato foi a fonte preferencial de nitrogênio para as espécies *Senna macranthera* e *Jacaranda mimosaefolia*. Este mesmo íon também foi a fonte preferencial para a espécie *Licania tomentosa* (RODRIGUES, 2004).

NASCIMENTO (1998) concluiu que a aplicação de N mineral como  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  e como  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  contribuiu para o aumento no peso da matéria seca de folhas de *Clitoria fairchildian* e *Anadenanthera macrocarpa*, e a fonte combinada de N ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) não contribuiu para o crescimento da primeira espécie.

O crescimento de *Bactris gasipaes* apresentou resposta linear, positiva e significativa com a adubação nitrogenada, conforme constataram BOVI *et al.* (2002). Para a palmeira *Rhapis excelsa*, LUZ *et al.* (2006) também recomendam a adubação nitrogenada para o melhor desenvolvimento das mudas.

A utilização de fonte de nitrogênio inadequada pode comprometer o crescimento da planta, como foi observado por CURTI JUNIOR (1998) para a espécie *Mimosa scabrella*. O autor observou que a aplicação de nitrato comprometeu o crescimento da planta e cita, ainda, que esta fonte de nitrogênio não deve ser utilizada mesmo em combinação com  $\text{NH}_4^+$ .

Um outro aspecto que dever ser observado na utilização de adubo nitrogenado é o efeito deste na nodulação. A nodulação poderá ser inibida ou estimulada, de acordo com a dose e fonte de nitrogênio utilizada.

Em estudo realizado por GONÇALVES *et al.* (1999) com a espécie *Inga marginata*, foi observado que a aplicação de nitrato inibiu completamente a formação e desenvolvimento dos nódulos, o que não ocorreu com as plantas do tratamento com  $\text{NH}_4^+$ , quando foi aplicado 5 mg de N; quando a dosagem de N, na forma de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , aumentou para 10 mg inibiu significativamente o desenvolvimento dos nódulos, caracterizando que o nível de toxidez de  $\text{NH}_4^+$  à nodulação, situa-se entre 5 e 10 mg de N por semana.

Resultado similar foi encontrado por GOI *et al.* (1997), que avaliaram o efeito de diferentes fontes de nitrogênio na formação dos nódulos e crescimento de *Mimosa caesalpiniaefolia*, constatando que a aplicação de nitrato afetou drasticamente a estrutura do nódulo, reduziu o número de nódulos e o crescimento da planta; na presença de  $\text{NH}_4^+$  o crescimento foi superior e não houve nenhum efeito negativo na estrutura do nódulo. JACOB NETO *et al.* (1998) encontraram resultados semelhantes estudando *Acacia mangium*. Os autores observaram que o nitrato aplicado inibiu completamente a formação dos nódulos e que o  $\text{NH}_4^+$  foi a fonte mais eficiente de N aplicado, pois não inibiu a nodulação e promoveu um crescimento maior da planta.

Embora o nitrogênio seja um nutriente importante para o crescimento vegetal, as plantas podem não responder à adubação nitrogenada, principalmente as espécies nodulíferas. CHAVES *et al.* (2003) estudaram a adição de nitrogênio em mudas de *Sesbania virgata*, produzidas em substrato constituído de resíduos agroindustriais e concluíram que, sob estas condições, a adição de nitrogênio não é necessária, visto que a nodulação natural supre a demanda de nitrogênio por esta espécie.

A demanda por nutrientes pode variar entre as espécies, estação climática e estágio de crescimento. Espécies dos estádios sucessionais iniciais possuem maior capacidade de absorção de nutrientes em relação às aquelas dos estágios sucessionais subseqüentes (FURTINI NETO *et al.*, 2000).

RESENDE *et al.* (2000) observaram que as espécies pioneiras, com maior crescimento e produção de biomassa, acumularam quantidades de nutrientes expressivamente maiores e tiveram maior eficiência de utilização dos nutrientes absorvidos se comparadas às espécies do grupo clímax, que possuem crescimento mais lento. Maior resposta de espécies pioneiras à melhora da fertilidade do solo também foram encontradas por SANTOS *et al.* (2008), FURTINI NETO *et al.*, (1999a e 1999b) e RESENDE *et al.* (1999). FURTINI NETO *et al.* (2000) constataram que espécies arbóreas pioneiras têm maior preferência pelo íon nitrato, em relação ao amônio.

A absorção de nitrogênio também pode ser influenciada pelo grau de luminosidade à que as mudas estão expostas. LIMA *et al.* (2000) estudaram a absorção de nitrogênio, durante a fase de viveiro, por mudas de *Schizolobium parahyba* em três ambientes. A maior absorção de nitrogênio por *S. parahyba*, tanto para a absorção pela parte aérea quanto pelo sistema radicular, foi superior no ambiente que possibilita incidência de insolação direta apenas na parte da manhã, e inferior no ambiente de casa de vegetação (50% de sombra). As maiores quantidades de nitrogênio foram encontradas nas mudas que se desenvolveram nos ambientes a sol pleno e a meio sol (luz solar direta apenas na parte da manhã).

## 2.5 Calagem no Crescimento de Espécies Arbóreas

Grande parte dos solos do Brasil são ácidos e de baixa fertilidade natural, o que afeta o estabelecimento e desenvolvimento de espécies arbóreas. As causas da baixa capacidade produtiva dos solos ácidos podem estar relacionadas à atuação isolada ou ao efeito conjunto de diversos fatores, como a toxidez de certos elementos presentes em concentrações excessivas na solução do solo e/ou a deficiência de alguns nutrientes (FURTINI NETO *et al.*, 1999a). Os mesmos autores citam que a saturação por alumínio foi o fator ligado à acidez do solo, que mais limitou o desenvolvimento das espécies, inibindo o crescimento e a aquisição e utilização de nutrientes pelas plantas.

Os solos ácidos apresentam baixos teores de cálcio. Na planta o cálcio é constituinte da parede celular e tem importante papel na absorção iônica (VITTI *et al.*, 2006). Segundo estes autores a falta de cálcio afeta os pontos de crescimento da raiz.

VENTURIN *et al.* (1999) citam que a omissão do cálcio na adubação afetou a absorção de S, em estudo realizado com o angico-amarelo. A resposta da soja em relação à adubação fosfatada é acentuada quanto maior teor de Ca no solo (ROSOLEM & MARCELLO, 1998). Para o processo de nodulação nas leguminosas, há maior necessidade de cálcio do que para o crescimento da planta propriamente dito, pois, uma vez formado os nódulos, a planta pode crescer em condições relativamente baixas desse nutriente (MALAVOLTA, 1997 apud VITTI *et al.*; 2006).

A aplicação de calcário em solos ácidos, além de elevar o pH, aumenta a solubilidade de elementos tóxicos, como é o caso do alumínio, do manganês e do ferro; fornece cálcio e magnésio; aumenta a disponibilidade de nitrogênio, enxofre, fósforo e outros nutrientes; e melhora as propriedades físicas do solo (MALAVOLTA, 1979).

Após a aplicação superficial de calcário dolomítico em um sistema de plantio direto de soja em Ponta Grossa, PR, CAIRES & FONSECA (2000) observaram que a calagem elevou o pH do solo, proporcionou o aumento de Ca e Mg trocáveis e saturação por bases e redução nos teores de Al trocável, efeitos estes que foram mais acentuados nas camadas superficiais do solo (0-5 cm e 5-10 cm); no entanto, a aplicação de calcário não influenciou os teores de K

trocável e de P disponível. NICOLOSO *et al.* (2008) observaram que a elevação do pH do horizonte A de um Argissolo Vermelho distrófico arênico reduziu significativamente os teores de Zn, Fe e Mn, e no horizonte B, apenas os teores de Zn e Fe reduziram.

ROSOLEM *et al.*, (2003) citam que a calagem aumenta a disponibilidade de nitrogênio às plantas, pois favorece a mineralização e a nitrificação. Para a leguminosa *Leucaena leucocephala* a adição de calcário em solos ácidos aumentou a acumulação de N total pela planta (BLAIR *et al.*, 1988). Este comportamento não foi observado por XAVIER *et al.* (1998) para a espécie *Cratylia argentea*, onde a aplicação de calcário não afetou a concentração de nitrogênio na parte aérea da planta.

Segundo FURTINI NETO *et al.*, (2000), as espécies florestais nativas apresentam grande variabilidade de comportamento em relação à acidez do solo, saturação por bases e alumínio. Estes autores apresentam uma classificação das espécies florestais nativas com as seguintes classes: altamente tolerantes, tolerantes, moderadamente tolerantes, sensíveis e altamente sensíveis, em relação à acidez do solo.

A capacidade de resposta da planta à aplicação de corretivos e fertilizantes, assim como a resistência à acidez do solo, pode estar relacionada ao grupo ecológico a qual pertence, podendo haver comportamento distinto entre as espécies do mesmo grupo ecológico (SANTOS *et al.*, 2008; RESENDE *et al.*, 2000; FURTINI NETO *et al.*, 1999a e 1999b; RESENDE *et al.*, 1999). As espécies pioneiras e secundárias tendem a responder melhor a calagem, em relação às espécies clímax (FURTINI NETO *et al.*, 1999b). FURTINI NETO *et al.* (1999a) observaram que as espécies florestais de crescimento mais rápido, independentemente do seu grupo sucessional, tiveram seu crescimento sensivelmente maior em função da correção da acidez do solo.

Mesmo as espécies tolerantes à acidez do solo podem responder positivamente à calagem, como observaram XAVIER *et al.* (1998), para a leguminosa *Cratylia argentea*. Para duas espécies de leguminosas de ocorrência em cerrado, que geralmente possuem solos ácidos, SOUZA *et al.* (2004) encontraram diferentes respostas à calagem. Estes autores observaram que a aplicação de calcário propiciou efeito positivo no desenvolvimento das mudas de *Dipteryx alata*, enquanto que para a espécie *Hymenaea stigonocarpa* não foram observadas alterações no desenvolvimento em função da calagem.

FURTINI NETO *et al.* (1999a) observaram resposta positiva no crescimento de ipê mirim e cássia verrugosa em função da calagem. Resposta positiva também foi observada para a espécie *Myracrodruon urundeuva*, quando para a correção da acidez foi utilizado  $\text{CaCO}_3 + \text{Mg}$  solúvel (VENTURIN *et al.*, 2000), quando a correção da acidez do solo foi feita com silicato, não houve influência no crescimento desta espécie (CALDEIRA JÚNIOR *et al.*, 2007).

Dependendo dos teores originais de Ca, Mg e saturação por bases do solo, que podem ser suficientes para suprir a demanda da planta, pode não haver resposta positiva a aplicação de calcário, como observado para *Apuleia leiocarpa* (GOMES *et al.*, 2008) e *Anadenanthera colubrina* (GOMES *et al.*, 2004). SOUSA *et al.* (2005) citam que, para os solos do cerrado, há maior probabilidade de resposta da planta à aplicação de gesso agrícola em solos onde a saturação por alumínio é superior a 20% ou o teor de cálcio inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ . Os mesmos autores observaram que o crescimento da espécie *Machaerium nictitans*, não foi influenciado pela elevação da saturação por bases de um Argissolo Vermelho-Amarelo, cujos teores iniciais de Ca ( $1,74 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), Mg ( $0,17 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ) e saturação por bases (39,4%) foram suficientes para atender a demanda da planta; quando utilizado Latossolo Vermelho-Amarelo álico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico como substratos a espécie respondeu significativamente ao aumento da saturação por bases.

Adicionalmente, para as espécies de leguminosas que nodulam, um outro fator deve ser considerado: o efeito do pH na efetividade e infectividade das estirpes de *Rhizobium* em

simbiose com as leguminosas. Neste contexto, STANFORD & SILVA (2000) concluíram que as estirpes selecionadas para resistência a acidez são efetivas na acumulação de nitrogênio total e no crescimento de *Leucaena leucocephala*, em solos ácidos e que, de um modo geral, não é necessário o uso de calcário para esta espécie infectada com estirpes efetivas.

A calagem não exerceu efeito no crescimento de *Calophyllum brasiliense* (ARTUR *et al.*, 2007), *Anadenanthera colubrina* (GOMES *et al.*, 2004), *Hymenaea stigonocarpa* (SOUZA *et al.*, 2004) e *Inga marginata* (CURTI JÚNIOR *et al.*, 2001).

O aumento excessivo do pH do solo também pode prejudicar o crescimento da planta, pois pode acarretar a precipitação e/ou menor disponibilidade de micronutrientes como Zn e Mn, comprometendo assim o estado nutricional da planta, como observaram GOMES *et al.* (2008) para a espécie *Apuleia leiocarpa*. Para a mesma espécie, NICOLOSO *et al.* (2008) constataram que a calagem no horizonte A de um Argissolo Vermelho distrófico arênico afetou negativamente o crescimento das plantas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta e Germinação das Sementes e Condução dos Experimentos

##### 3.1.1 Coleta e germinação das sementes de *Senna appendiculata*

As sementes de *Senna appendiculata* (Figura 2) foram coletadas no mês de maio de 2008, em uma área do condomínio Barra Sul, Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ. As sementes não foram armazenadas, e foram retiradas da vagem e imediatamente utilizadas.



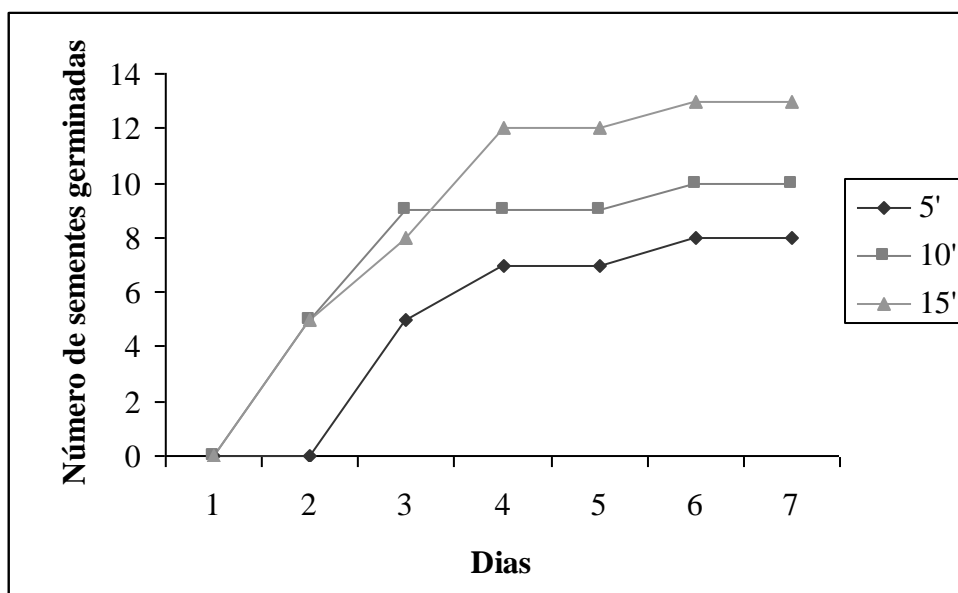
**Figura 2.** Sementes de *Senna appendiculata* utilizadas no experimento

Em face da baixa taxa de germinação das sementes de *S. appendiculata*, conforme descrito por ZAMITH & SCARANO (2004), foram realizados dois testes para determinar o melhor método para quebra de dormência das sementes desta espécie, embora este não tenha sido um dos objetivos deste trabalho.

No primeiro teste foi realizada a quebra de dormência através da escarificação mecânica das sementes, onde as mesmas, com o auxílio de uma lâmina, sofreram um desponte na região oposta ao eixo embrionário. Após a quebra de dormência, 10 sementes foram colocadas para germinar em caixas do tipo gerbox, em algodão umedecido com água destilada. A germinação das sementes foi acompanhada diariamente. Neste teste apenas uma semente germinou, o que ocorreu 3 dias após o início do teste; as demais sementes apresentaram-se atacadas por fungos ao final do teste, após sete dias do início do mesmo. Diante deste resultado, o desponte não mostrou-se eficaz para a superação da dormência das sementes de *S. appendiculata*.

No segundo teste realizou-se a escarificação das sementes com ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$  p.a.). Este teste foi composto por três tratamentos, cada um contendo 15 sementes. As sementes foram colocadas em ácido sulfúrico concentrado por 5 minutos (tratamento 1), 10 minutos (tratamento 2) e 15 minutos (tratamento 3). Após a imersão no ácido sulfúrico, as sementes foram lavadas em água corrente e colocadas para germinar em

caixas do tipo gerbox, em algodão umedecido com água destilada. Como no primeiro experimento, a germinação das sementes foi acompanhada diariamente. Neste teste, o tratamento que promoveu a melhor taxa de germinação (86,7 %) foi o correspondente a 15 minutos de imersão das sementes em ácido sulfúrico concentrado. Para o tempo de imersão de 10 minutos, a taxa de germinação foi de 66,7% e para o tempo de 5 minutos, foi de 53,3%. Na Figura 3 pode-se observar o número de sementes germinadas nos três tratamentos realizados.



**Figura 3.** Número de sementes de *Senna appendiculata* germinadas, após imersão em ácido sulfúrico concentrado por 5, 10 e 15 minutos.

Em face dos resultados encontrados optou-se por utilizar o tempo de 15 minutos para a escarificação das sementes de *S. appendiculata*, tempo este que proporcionou um maior número de sementes germinadas. A taxa de germinação encontrada (86,7 %) foi superior à observada por ZAMITH & SCARANO (2004), que para esta espécie, encontraram taxas que variaram de 2% a 11%. Vale ressaltar que neste estudo, ZAMITH & SCARANO (2004) utilizaram todo o lote de sementes de *S. appendiculata* coletado, sem descartar as sementes inviáveis. Adicionalmente, no trabalho citado, as sementes foram colocadas para germinar em canteiros ao ar livre, contendo areia de restinga como substrato e os autores não realizaram a quebra de dormência das sementes.

As sementes de *S. appendiculata* a serem utilizadas nos experimentos de efeito da calagem e de nitrogênio foram escarificadas por 15 minutos em ácido sulfúrico e colocadas para germinar em bandejas plásticas com areia lavada.

As plântulas de *S. appendiculata*, foram transplantadas para os vasos após 8 dias da semeadura, para o experimento da calagem, e após 10 dias da semeadura para o experimento de nitrogênio. Foram transplantadas duas plântulas para cada vaso e após 37 dias (experimento de calagem) e 35 dias (experimento de nitrogênio) foi realizado um desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso. A coleta dos experimentos foi realizada após 89 dias do transplante para os vasos, para o experimento de calagem, e após 87 dias para o experimento de nitrogênio.



### 3.1.2 Coleta e germinação das sementes de *Senna pendula*

As sementes de *Senna pendula* (Figura 4) foram doadas pelo Viveiro da Fazenda Modelo do projeto Mutirão de Reflorestamento, da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Estas sementes não foram armazenadas, e foram utilizadas imediatamente.



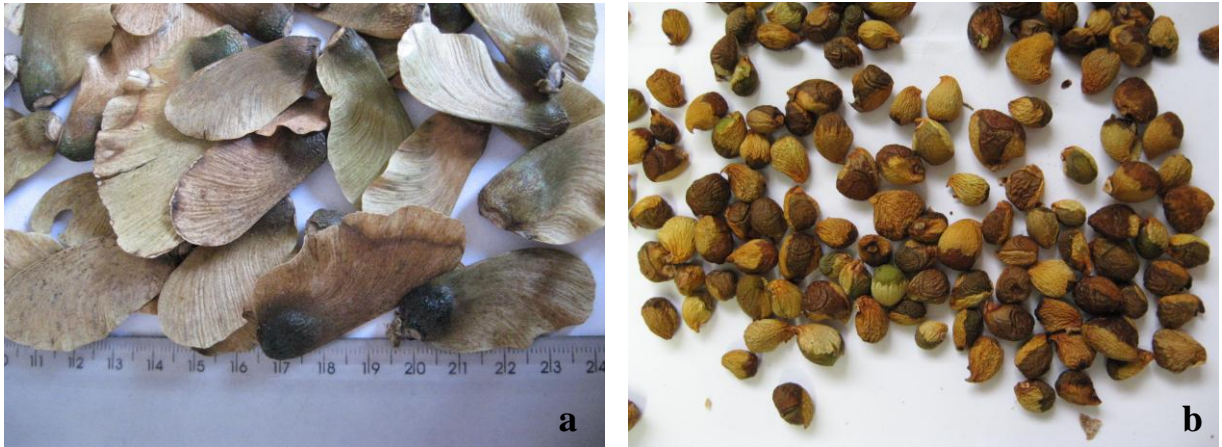
**Figura 4.** Sementes de *Senna pendula* utilizadas no experimento

Conforme informação obtida junto ao Viveiro da Fazenda Modelo, local de onde foram doadas as sementes, não foi necessário realizar a quebra de dormência para as sementes desta espécie. Para condução dos experimentos de efeito de calagem e de nitrogênio, as sementes de *S. pendula* foram retiradas da vagem, separadas do endocarpo e imersas por uma hora em água destilada. Após este procedimento foram colocadas para germinar em bandejas plásticas com areia lavada.

As plântulas de *S. pendula* foram transplantadas para os vasos 14 dias após a semeadura, para os experimentos de efeito de calagem e de nitrogênio. A coleta dos experimentos foi realizada 56 dias após o transplante para os vasos, para o experimento de nitrogênio, e 57 dias após o transplante, para o experimento de calagem.

### 3.1.3 Coleta e germinação das sementes de *Machaerium lanceolatum*

As sementes de *Machaerium lanceolatum* foram doadas pelo Viveiro da Fazenda Modelo do projeto Mutirão de Reflorestamento, da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. As sementes foram retiradas do fruto e utilizadas imediatamente. Na Figura 5 pode-se observar os frutos e sementes de *Machaerium lanceolatum*.



**Figura 5.** Frutos (a) e sementes (b) de *Machaerium lanceolatum* utilizadas no experimento

Para as sementes da espécie *Machaerium lanceolatum*, cuja taxa de germinação é baixa (ZAMITH & SCARANO, 2004), foi realizado um teste de germinação, embora este não tenha sido um dos objetivos deste trabalho. O teste de germinação foi composto por dois tratamentos, cada um contendo 10 sementes. No tratamento 1 as sementes foram colocadas para germinar sem nenhum tratamento prévio para quebra de dormência. No tratamento 2 as sementes foram submetidas à quebra de dormência através da escarificação mecânica. Com o auxílio de uma lâmina, foi realizado um desponte pequeno na região oposta ao eixo embrionário e em seguida as sementes foram imersas em água destilada por uma hora. As sementes dos dois tratamentos foram colocadas para germinar em caixas do tipo gerbox, em algodão umedecido em água destilada. A germinação das sementes foi acompanhada diariamente.

As sementes de *Machaerium lanceolatum*, quando submetidas ao desponte (tratamento 2) apresentaram 100% de germinação, enquanto as que não receberam tratamento prévio para quebra de dormência (tratamento 1) a taxa de germinação foi de 50%. Estas taxas de germinação foram superiores às relatadas por ZAMITH & SCARANO (2004), que encontraram taxas variando de 0 a 40%. Vale ressaltar que no estudo realizado por ZAMITH & SCARANO (2004) todo o lote de sementes de *M. lanceolatum* coletado, sem descartar as sementes inviáveis, foi colocado para germinar em canteiros ao ar livre, contendo areia de restinga como substrato, e não foi realizada a quebra de dormência das sementes. A escarificação mecânica (desponte) das sementes mostrou-se como boa alternativa para o aumento da taxa de germinação desta espécie, que, com este tratamento, pode elevar-se a 100%.

Após a escarificação mecânica das sementes com subsequente imersão em água destilada por uma hora, as sementes foram colocadas para germinar em caixas do tipo gerbox com algodão umedecido em água destilada. Após a emissão da radícula, as sementes germinadas foram transferidas para uma bandeja com areia lavada.

As plântulas de *Machaerium lanceolatum* foram transplantadas para os vasos após 22 dias da semeadura. Devido a pouca disponibilidade de sementes desta espécie e sua baixa taxa de germinação, foi possível realizar apenas o experimento de efeito da calagem. A coleta deste experimento ocorreu 79 dias após o transplante das plântulas para o vaso.

### 3.1.4 Condução dos experimentos

As plântulas foram transplantadas para vasos plásticos contendo como substrato, solo arenoso de baixa fertilidade, classificado como solo Planossolo, Série Ecologia (RAMOS *et*

al., 1973). O solo foi coletado nos 20 cm superficiais em uma área experimental da Fitotecnia, no campus da UFRRJ e submetido à análise química no LABFER - Laboratório de análise de solo, planta e resíduos, Departamento de Solos da UFRRJ. O resultado da análise química do solo encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise química do solo Planossolo, Série Ecologia, utilizado no experimento

| ELEMENTOS                  | VALOR                                    |
|----------------------------|--|
| Na                         | 0,012 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> |
| Ca                         | 2,0 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>   |
| Mg                         | 1,6 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>   |
| K                          | 0,06 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>  |
| H + Al                     | 5,1 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>   |
| Al                         | 0,2 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>   |
| S                          | 3,68 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>  |
| T                          | 8,78 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>  |
| V (Saturação por bases)    | 42 %                                     |
| Saturação por Al           | 5 %                                      |
| Saturação por Na           | 0 %                                      |
| pH <sub>água</sub> (1:2,5) | 5,5                                      |
| C org.                     | 5,3 g/kg                                 |
| P                          | 14 mg/kg                                 |
| K                          | 25 mg/kg                                 |

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, com iluminação natural de aproximadamente 12 horas diárias, no Instituto de Florestas da UFRRJ. As plantas receberam irrigação manual, diariamente, em quantidades moderadas, para evitar a lixiviação dos nutrientes aplicados em cada tratamento.

### 3.2 Efeito de Diferentes Fontes e Doses de Nitrogênio no Crescimento de Leguminosas Arbóreas de Restinga

Para estes experimentos aplicou-se adubação complementar, em todos os tratamentos, com K e P (0,26 mol L<sup>-1</sup> de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 5 mL/kg de substrato), Ca (1,35 mol L<sup>-1</sup> de CaCl<sub>2</sub>, 1 mL/kg de substrato) e micronutrientes + Mg, conforme descrito em GOI (1981). A composição e quantidades de micronutrientes + Mg utilizados encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição química da solução de micronutrientes + Mg

| COMPOSTO  | DILUIÇÃO (g L <sup>-1</sup> ) |
|---|-------------------------------|
| MgSO <sub>4</sub> . 7 H <sub>2</sub> O                | 150                           |
| CuSO <sub>4</sub> . 5 H <sub>2</sub> O                | 15,8                          |
| ZnSO <sub>4</sub> . 7 H <sub>2</sub> O                | 8,3                           |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                        | 0,5                           |
| Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> . 2 H <sub>2</sub> O | 0,5                           |
| FeSO <sub>4</sub> . 7 H <sub>2</sub> O                | 20                            |
| Ácido cítrico   | 20                            |

Foram utilizadas três fontes de nitrogênio (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub>NH<sub>4</sub>) e duas doses de nitrogênio (10 e 20 mg N/planta). Como fonte de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> utilizou-se Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, e como fonte de

$\text{NH}_4^+$  utilizou-se  $(\text{NH}_4^+)_2\text{SO}_4$ . O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com sete tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos aplicados a cada espécie estão descritos na Tabela 3.

**Tabela 3.** Descrição dos tratamentos, aplicados a cada espécie, para avaliar o efeito das diferentes fontes e doses de nitrogênio

| TRATAMENTOS            | FONTES DE NITROGÊNIO             | DOSES DE NITROGÊNIO              |
|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>T1 (Testemunha)</b> | sem adição de nitrogênio mineral | sem adição de nitrogênio mineral |
| <b>T2</b>              | $\text{NO}_3^-$                  | 10 mg N / planta                 |
| <b>T3</b>              | $\text{NO}_3^-$                  | 20 mg N / planta                 |
| <b>T4</b>              | $\text{NH}_4^+$                  | 10 mg N / planta                 |
| <b>T5</b>              | $\text{NH}_4^+$                  | 20 mg N / planta                 |
| <b>T6</b>              | $\text{NO}_3\text{NH}_4$         | 10 mg N / planta                 |
| <b>T7</b>              | $\text{NO}_3\text{NH}_4$         | 20 mg N / planta                 |

Para a espécie *Senna pendula*, devido ao rápido crescimento e portanto, apresentar uma maior demanda por nitrogênio, realizou-se uma adubação complementar com nitrogênio, 40 dias após a instalação do experimento, obedecendo-se as fontes e as doses de nitrogênio de cada tratamento (Tabela 3).

### 3.3 Efeito da Calagem e do pH do Solo no Crescimento de Leguminosas de Restinga

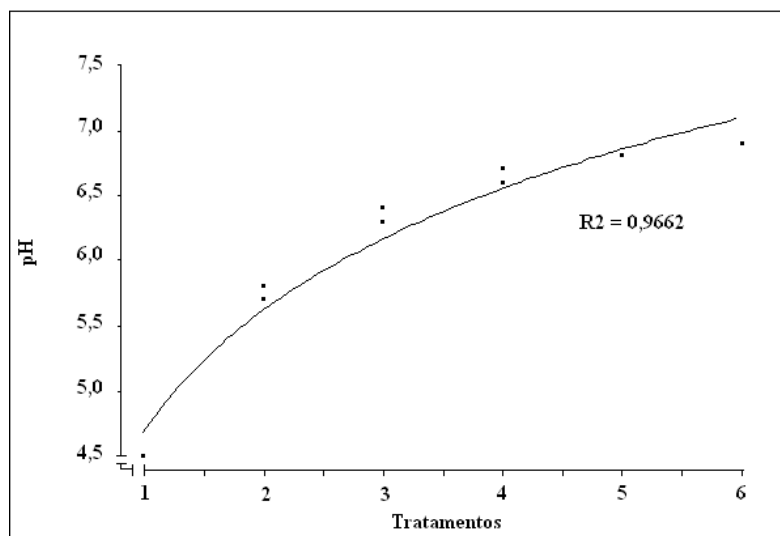
Nos experimentos para avaliar o efeito da calagem e do pH do solo, realizou-se adubação complementar, em todos os tratamentos, similar a do experimento para avaliar as doses e fontes de nitrogênio, descartando-se apenas o Ca. Aplicou-se também uma adubação com  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , na concentração de 10 mg de N/planta, para auxiliar no desenvolvimento das mudas.

Foram avaliados quatro tratamentos, 0, 2, 4 e 6 Mg de calcário/ha, correspondentes aos tratamentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro tratamentos e cinco repetições, para cada espécie estudada. Os quatro níveis de calcário foram determinados de acordo com a necessidade de calagem do solo.

A determinação da curva de neutralização do solo foi realizada com seis tratamentos (0, 1, 2, 3, 4 e 5 Mg de calcário/ha) e três repetições. As amostras de solo foram colocadas em potes plásticos na proporção de 2 partes de solo para 1 parte de água juntamente com a quantidade de calcário correspondente a cada tratamento. O calcário utilizado foi o calcário agrícola dolomítico (PRNT 100%), produzido pela Calpar Italva Mineração Ltda. As amostras foram homogêneas e acondicionadas parcialmente fechadas. Realizou-se a determinação do pH com pH-metro digital (WTW modelo pH 330i) diariamente até que os valores de pH estabilizassem, o que ocorreu após 10 dias. Na Tabela 4 pode-se observar os valores médios do pH do solo ao final do período de incubação. Com os dados obtidos, construiu-se a curva de neutralização (Figura 6) utilizando-se o software Sistema de Análises Estatística e Genética – SAEG (versão 8.1), da Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO JÚNIOR, 2001), a partir da qual determinou-se o pH nos seguintes níveis de calcário: 0, 2, 4 e 6 Mg de calcário/ha, que passaram a corresponder aos tratamentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

**Tabela 4.** Valores médios do pH do solo após 10 dias da aplicação de calcário

| <b>Tratamentos</b>    | <b>pH</b> |
|-----------------------|-----------|
| 0 Mg de calcário / ha | 4,5       |
| 1 Mg de calcário / ha | 5,8       |
| 2 Mg de calcário / ha | 6,3       |
| 3 Mg de calcário / ha | 6,6       |
| 4 Mg de calcário / ha | 6,8       |
| 5 Mg de calcário / ha | 6,9       |



**Figura 6.** Curva de neutralização do solo com calcário, onde, tratamento 1: 0 Mg de calcário/ha, tratamento 2: 1 Mg de calcário/ha, tratamento 3: 2 Mg de calcário/ha, tratamento 4: 3 Mg de calcário/ha, tratamento 5: 4 Mg de calcário/ha e tratamento 6: 5 Mg de calcário/ha

A aplicação do calcário nos tratamentos ocorreu 76, 29 e 41 dias antes da instalação dos experimentos, para *S. appendiculata*, *S. pendula* e *M. lanceolatum*, respectivamente. O calcário (mesmo utilizado no experimento para determinação da curva de neutralização do solo) foi aplicado nos vasos de acordo com os níveis determinados para cada tratamento. Após a aplicação do calcário, os solos dos vasos foram homogeneizados e umedecidos. Os vasos foram umedecidos periodicamente para a manutenção da umidade até a instalação dos experimentos.

Por *M. lanceolatum* se tratar de uma leguminosa que se associa a bactérias fixadoras de nitrogênio, genericamente denominadas rizóbio, todos os tratamentos com esta espécie foram inoculadas com estirpes de *Rhizobium*. Como para esta espécie ainda não existem estirpes selecionadas, o inoculante utilizado foi uma mistura das estirpes para *Dalbergia nigra* (BR 8401 e BR 8409) e *Pterocarpus* (BR 4406, BR 3609, BR 8651, BR 8652, BR 8653), produzidos pela Embrapa Agrobiologia, que são espécies mais próximas à estudada. Foi aplicado 1 mL de inoculante por vaso, sobre o substrato junto às plântulas.

### 3.4 Parâmetros Avaliados

Os parâmetros avaliados foram: altura da planta, comprimento da raiz, matéria seca da raiz e da parte aérea, diâmetro do coleto, pH do solo, relação raiz/parte aérea, incremento médio em altura (IMA) e taxa de crescimento relativo, este último apenas para a espécie *Senna pendula*.

Para medir a altura da planta e o comprimento da raiz, utilizou-se uma régua graduada em cm, sendo que as alturas foram tomadas mensalmente. O diâmetro do coleto foi obtido utilizando-se um paquímetro digital graduado em mm (marca: Lee Tools). Na coleta, a parte aérea foi separada da raiz com o auxílio de uma tesoura de poda, as raízes foram lavadas em água corrente, até a retirada completa do solo. As raízes e as partes aéreas foram colocadas em estufa a 65°C até atingirem peso constante, quando foram pesadas em balança analítica para determinação do acúmulo de matéria seca. Após a retirada das plantas dos vasos o solo de cada vaso foi homogeneizado e colocado para secar ao ar. Depois de seco, o solo foi peneirado, e amostras de 80 mL de solo foram retiradas para determinação do pH. O solo foi misturado, na proporção de 1:1, com água destilada, e após 30 minutos realizou-se a leitura do pH utilizando-se pH-metro digital (WTW modelo pH 330i).

O cálculo do incremento médio em altura (IMA) foi realizado utilizando-se a fórmula: IMA (mm/dia) = (altura final - altura inicial) / intervalo de tempo entre as duas medições.

Para o cálculo da taxa de crescimento relativo, para a espécie *Senna pendula*, utilizou-se a seguinte fórmula:  $TCR = (\ln MSTF - \ln MSTI) / (t2 - t1)$ ; onde TCR é a taxa de crescimento relativo, em  $g\ g^{-1}\ dia^{-1}$ , ln é o logaritmo neperiano, MSTF é a massa seca total da planta, em gramas, MSTI é a massa seca total da planta quando transplantada para os vasos, em gramas, e (t2 - t1) é o intervalo de tempo (CHIARIELLO *et al.*, 1989).

Para verificação da normalidade dos dados, os mesmos foram submetidos ao Teste de Lilliefors. Os parâmetros cujos dados não apresentaram normalidade tiveram seus dados transformados (transformação logarítmica). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5%. Para o experimento do efeito de calagem calculou-se a Correlação de Pearson, entre os parâmetros avaliados e o pH do solo. Toda a análise estatística foi realizada utilizando-se o software Sistema de Análises Estatística e Genética – SAEG (versão 8.1), da Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 *Senna appendiculata*

#### 4.1.1 Efeito de diferentes fontes e doses de nitrogênio no crescimento de *Senna appendiculata*

Embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, para os parâmetros avaliados pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade, observou-se um ligeiro aumento de todos os parâmetros com a aplicação do nitrogênio, exceto para o parâmetro relação raiz/parte aérea, (Tabelas 5, 6 e 7).

No tratamento com o nitrato de amônia ( $\text{NO}_3\text{NH}_4$ ), na concentração de 10 mg N/planta, a média do incremento médio em altura, entre os 65 e 87 dias de instalação do experimento, foi 2,5 vezes maior que a média obtida pelo tratamento sem adição de nitrogênio mineral. No período de 34-65 dias também foi observado um maior incremento em altura no tratamento com  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  (20 mg N/planta). Estes resultados demonstram a necessidade de adubação com o nitrogênio para otimizar o crescimento desta espécie, em se tratando da produção de mudas em condições de viveiro. Neste mesmo tratamento ( $\text{NO}_3\text{NH}_4$ , 10 mg N/planta) a média do comprimento da raiz foi superior em 10 cm ao experimento que utilizou  $\text{NO}_3^-$  (20 mg N/planta), que apresentou a menor média para este parâmetro. O maior acúmulo de matéria seca, tanto da parte aérea quanto da raiz, foi observado no tratamento que utilizou  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  como fonte de nitrogênio na concentração de 20 mg de N/planta. Os parâmetros relação raiz/parte aérea e comprimento e acúmulo de matéria seca da raiz apresentaram as menores médias no tratamento com 20 mg de N/planta, sob a forma de  $\text{NO}_3^-$ .

No tratamento com  $\text{NH}_4^+$  (10 mg N/planta) foram observadas as maiores médias para os parâmetros altura, diâmetro do coleto e incremento médio em altura entre 34 e 87 dias de instalação do experimento. Estes parâmetros normalmente são utilizados para indicar a qualidade de mudas produzidas em viveiros. Esta fonte de nitrogênio destacou-se como uma das melhores, sugere-se que ela deva receber mais atenção para os próximos experimentos, já que foi citada como a fonte preferencial de nitrogênio para várias outras leguminosas estudadas (SIQUEIRA, 2006; RODRIGUES, 2004; GONÇALVES *et al.*, 1999; CURTI JUNIOR, 1998; JACOB NETO *et al.*, 1998; GOI *et al.*, 1997; GONÇALVES, 1997).

**Tabela 5.** Efeito da aplicação de nitrogênio na altura, diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) das plantas de *Senna appendiculata*

| Tratamentos              |          | Altura    | DC        | CR        |
|--------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Fonte N                  | N/planta | (cm)      | (mm)      | (cm)      |
| Testemunha               |          | 21,6 n.s. | 3,44 n.s. | 31,7 n.s. |
| $\text{NO}_3^-$          | 10 mg    | 22,5      | 3,36      | 29,9      |
| $\text{NO}_3^-$          | 20 mg    | 25,6      | 3,27      | 22,5      |
| $\text{NH}_4^+$          | 10 mg    | 27,6      | 4,18      | 25,9      |
| $\text{NH}_4^+$          | 20 mg    | 25,2      | 3,10      | 27,8      |
| $\text{NO}_3\text{NH}_4$ | 10 mg    | 25,9      | 3,51      | 32,6      |
| $\text{NO}_3\text{NH}_4$ | 20 mg    | 26,9      | 3,56      | 32,4      |
| CV %                     |          | 22,38     | 15,80     | 20,73     |

n.s. = diferenças não significativas

**Tabela 6.** Efeito da aplicação de nitrogênio no acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA), acúmulo de matéria seca da raiz (MSR), relação raiz/parte aérea (R/PA) e pH do solo, das plantas de *Senna appendiculata*

| Tratamentos                     |            | MSPA      | MSR       | R/PA      | pH        |
|---------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Fonte de N                      | N / planta | (g)       | (g)       |           |           |
|                                 | Testemunha | 3,17 n.s. | 0,58 n.s. | 0,18 n.s. | 4,25 n.s. |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 10 mg      | 3,46      | 0,51      | 0,15      | 4,31      |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 20 mg      | 3,07      | 0,38      | 0,12      | 4,35      |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>    | 10 mg      | 3,40      | 0,58      | 0,17      | 4,19      |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>    | 20 mg      | 2,80      | 0,39      | 0,14      | 4,14      |
| NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> | 10 mg      | 3,59      | 0,55      | 0,15      | 4,18      |
| NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> | 20 mg      | 4,18      | 0,64      | 0,16      | 4,31      |
| CV %                            |            | 23,67     | 29,15     | 21,61     | 5,13      |

n.s. = diferenças não significativas

**Tabela 7.** Efeito da aplicação de nitrogênio no incremento médio em altura (IMA) das plantas de *Senna appendiculata*

| Tratamentos                     |            | IMA - Incremento Médio em Altura (mm/dia) |              |              |
|---------------------------------|------------|---|--------------|--------------|
| Fonte de N                      | N / planta | 34 - 65 dias                              | 65 - 87 dias | 34 - 87 dias |
|                                 | Testemunha | 2,87 n.s.                                 | 2,59 n.s.    | 2,75 n.s.    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 10 mg      | 2,94                                      | 3,35         | 3,11         |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 20 mg      | 3,39                                      | 4,09         | 3,68         |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>    | 10 mg      | 2,52                                      | 6,14         | 4,02         |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>    | 20 mg      | 2,42                                      | 5,36         | 3,64         |
| NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> | 10 mg      | 1,81                                      | 6,50         | 3,75         |
| NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> | 20 mg      | 3,71                                      | 3,64         | 3,68         |
| CV %                            |            | 38,89                                     | 61,82        | 29,81        |

n.s. = diferenças não significativas

Observou-se um ligeiro aumento do pH nos tratamentos onde a fonte de nitrogênio utilizada foi o nitrato, cuja absorção resulta em extrusão de OH<sup>-</sup> para a solução do solo. Nos tratamentos que utilizaram amônia, observou-se uma ligeira redução do pH, devido provavelmente à extrusão de H<sup>+</sup> para a solução do solo no processo de absorção de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. De acordo com ROSOLEM *et al.* (2003) o fertilizante nitrogenado aplicado atua acidificando o solo e a planta por sua vez, dependendo da forma de N absorvida (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ou NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), pode colaborar para a acidificação ou para a elevação do pH. A influência da forma de nitrogênio absorvida no pH do solo também foi observada por RAMOS (2008); RODRIGUES (2004), CURTI JUNIOR (1998), NASCIMENTO, (1998) e GONÇALVES (1997).

As plantas do tratamento sem adição de nitrogênio (testemunha) apresentaram coloração mais amarelada, sintoma observado em plantas com deficiência de nitrogênio, se comparadas às plantas dos outros tratamentos (Figura 7). A ausência de diferenças significativas entre os tratamentos pode ser consequência da alta variabilidade genética da espécie, o que contribuiu para altos coeficientes de variação observados (Tabelas 5, 6, 7).





**Figura 7.** Comparação entre as plantas de *Senna appendiculata* dos tratamentos do experimento de efeito do nitrogênio; a partir da esquerda: (a) testemunha,  $\text{NH}_4^+$  [10 mg] e  $\text{NH}_4^+$  [20 mg]; (b) testemunha,  $\text{NO}_3^-$  [10 mg] e  $\text{NO}_3^-$  [20 mg]; (c) testemunha,  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  [10mg] e  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  [20 mg]

Observou-se que ocorreu um aumento no comprimento da raiz (Tabela 5) na ausência da adubação com N (testemunha), o que pode ser explicado como uma estratégia da planta para buscar mais nitrogênio no substrato. ZONTA *et al.* (2006) citam que o efeito de estresses

nutricionais sobre a alocação de carbono, geralmente, proporcionam aumentos do sistema radicular, ou seja, da capacidade de absorção. Essa mudança em alocação de carbono para o sistema radicular, leva a uma diminuição no crescimento da parte aérea (menor alocação de carbono) o que pode ser observado pelo aumento da relação R/PA (Tabela 6).

Embora não apresentem diferenças estatísticas entre as médias dos parâmetros avaliados nos diferentes tratamentos, os resultados sugerem que a aplicação de nitrogênio mineral sob as formas de  $\text{NH}_4^+$ , na dosagem de 10 mg de N/planta, e  $\text{NO}_3\text{NH}_4$ , nas dosagens de 10 e 20 mg de N/planta, exerceu efeito positivo no crescimento de *S. appendiculata*. O crescimento das mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) aumentou significativamente com a adição de nitrogênio mineral, sob três diferentes fontes (nitrato, nitrato de amônia e amônia), sendo que, as plantas supridas com nitrogênio na forma de amônia apresentaram os melhores resultados (MARQUES *et al.*, 2006). Foi constatado que a fonte de nitrogênio amoniacal também é a fonte preferencial para *Schizolobium parahyba*, *Caesalpinia peltophoroides*, *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* e *Anadenanthera macrocarpa* (RODRIGUES, 2004); *Mimosa bimucronata* (SIQUEIRA, 2006); *Enterolobium contortisiliquum* e *Mimosa scabrella* (CURTI JUNIOR, 1998); e *Inga marginata* e *Plathyenia reticulata* (GONÇALVES, 1997).

VALE *et al.* (1996) observaram que as espécies mais tolerantes ao alumínio, como *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*, mostraram preferência pela fonte de nitrogênio amoniacal, em relação à fonte nítrica. JACOB-NETO *et al.* (1998) também citam que a fonte preferencial de nitrogênio para *Acacia mangium* é a fonte amoniacal. Os resultados encontrados nos dois experimentos com a espécie *S. appendiculata*, demonstram este mesmo comportamento. *S. appendiculata* é uma espécie que não teve seu crescimento limitado em condições de solos ácidos (como poderá ser observado no próximo tópico), e em relação à fonte de nitrogênio, o amônio parece ser a fonte preferencial.

#### **4.1.2 Efeito da calagem e do pH do solo no crescimento de *Senna appendiculata***

A aplicação de calcário não contribuiu para o crescimento das plantas de *Senna appendiculata*. Em praticamente todos os parâmetros avaliados (Tabelas 8, 9 e 10), exceto para o comprimento da raiz e incremento médio em altura entre os 67 e 89 dias, os maiores valores foram observados no tratamento sem aplicação de calcário (pH = 4,51), embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos. No tratamento correspondente à aplicação de 4 Mg calcário/ha (pH = 6,62) verificaram-se os menores valores para os parâmetros avaliados, exceto para os parâmetros diâmetro do coleto e incremento médio em altura entre os 67 e 89 dias, cujos menores valores foram observados no tratamento de 6 Mg calcário/ha (pH = 6,86). Para o acúmulo de matéria seca da parte aérea, a média para o tratamento sem calagem foi quase o dobro do valor obtido no tratamento com 4 Mg calcário/ha. Comparando ainda esses dois tratamentos, a média do acúmulo de matéria seca da raiz (Tabela 9) e do incremento médio em altura, entre 36 e 67 dias (Tabela 10), que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, foi superior ao dobro da média no tratamento sem aplicação de calcário. Contudo, o coeficiente de variação foi elevado e este também seria um dos motivos de não terem sido encontradas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados. Um outro motivo é o de que estas espécies, por não terem sido melhoradas geneticamente, apresentam uma variabilidade maior.

**Tabela 8.** Médias da altura, diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) das plantas de *Senna appendiculata*, em resposta à calagem

| Tratamentos<br>(Mg calcário/ha) | Altura<br>(cm) | DC<br>(mm) | CR<br>(cm) |
|---------------------------------|----------------|------------|------------|
| 0                               | 26,8 n.s.      | 3,83 n.s.  | 22,1 n.s.  |
| 2                               | 25,1           | 2,97       | 23,1       |
| 4                               | 20,4           | 2,95       | 17,8       |
| 6                               | 22,5           | 2,72       | 24,9       |
| CV %                            | 33,05          | 29,91      | 36,54      |

n.s. = diferenças não significativas

**Tabela 9.** Médias do acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA), acúmulo de matéria seca da raiz (MSR), relação raiz/parte aérea (R/PA) e pH do solo, das plantas de *Senna appendiculata*, em resposta à calagem

| Tratamentos<br>(Mg calcário/ha) | MSPA<br>(g) | MSR<br>(g) | R/PA      | pH     |
|---------------------------------|-------------|------------|-----------|--------|
| 0                               | 4,50 n.s.   | 0,72 n.s.  | 0,16 n.s. | 4,51 d |
| 2                               | 2,95        | 0,44       | 0,15      | 6,11 c |
| 4                               | 2,31        | 0,35       | 0,15      | 6,62 b |
| 6                               | 3,01        | 0,49       | 0,15      | 6,86 a |
| CV %                            | 53,96       | 60,70      | 25,09     | 1,34   |

n.s. = diferenças não significativas

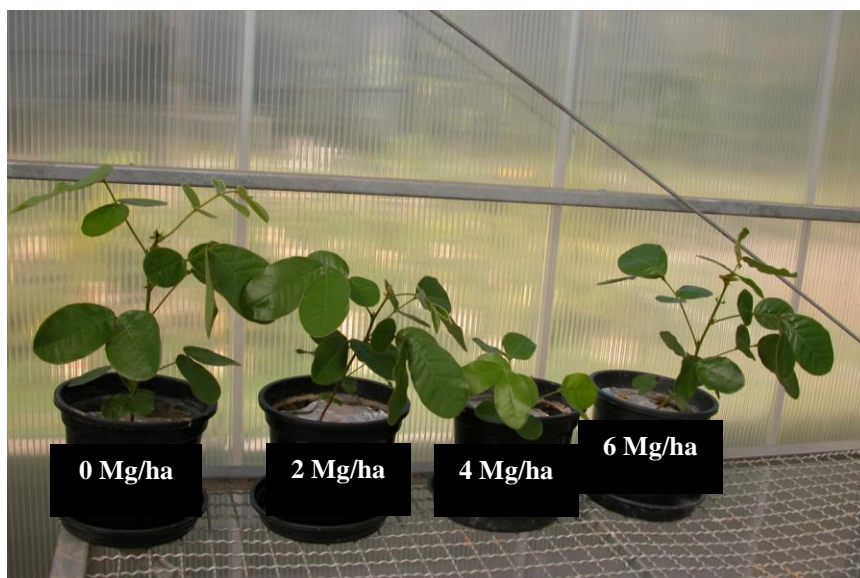
Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

**Tabela 10.** Médias do incremento médio em altura (IMA) das plantas de *Senna appendiculata*, em resposta à calagem

| Tratamentos<br>(Mg calcário/ha) | IMA - Incremento Médio em Altura (mm/dia) |              |              |
|---------------------------------|---|--------------|--------------|
|                                 | 36 - 67 dias                              | 67 - 89 dias | 36 - 89 dias |
| 0                               | 5,03 n.s.                                 | 1,91 n.s.    | 3,74 n.s.    |
| 2                               | 2,39                                      | 5,09         | 3,51         |
| 4                               | 1,87                                      | 3,73         | 2,64         |
| 6                               | 2,84                                      | 3,14         | 2,96         |
| CV %                            | 48,45                                     | 54,43        | 38,57        |

n.s. = diferenças não significativas

Quando foi calculada a correlação de Pearson ( $r$ ) entre os parâmetros avaliados e o pH do solo, os parâmetros altura aos 67 dias de instalação do experimento ( $r = -0,57$ ), diâmetro do coleto ( $r = -0,52$ ), acúmulo de matéria seca da parte aérea ( $r = -0,47$ ), acúmulo de matéria seca da raiz ( $r = -0,43$ ) e incremento médio em altura entre 36 e 67 dias de instalação do experimento ( $r = -0,6$ ), apresentaram correlação significativa com o pH do solo, ou seja, valores maiores destes parâmetros estão associados a valores menores do pH do solo, evidenciando a preferência de *S. appendiculata* por solos mais ácidos. Na Figura 8 pode-se observar um maior desenvolvimento das mudas nos tratamentos onde não houve a aplicação de calcário (testemunha) e menor desenvolvimento no tratamento de 4 Mg calcário/ha.



**Figura 8.** Comparação entre as plantas de *Senna appendiculata* nos diferentes níveis de calagem

A preferência da espécie *S. appendiculata* por solos ácidos pode ser uma adaptação para sobrevivência em solos de restinga, que são ácidos. GOMES *et al.* (2007) caracterizaram o solo sobre a vegetação de restinga da Ilha do Cardoso, SP, e encontraram solos que variaram de forte a extremamente ácidos (pH variando de 2,8 a 5,0) Segundo os mesmos autores, é comum encontrar solos com valores baixos de pH sob vegetação de restinga, uma vez que estes solos se desenvolvem sobre sedimentos arenosos originalmente pobres em bases. Solos ácidos também foram encontrados sob a vegetação de floresta de restinga do Parque Estadual de Ilha Anchieta (SP), onde valores de pH variaram de 3,1 a 4,5 (REIS-DUARTE *et al.*, 2007). Para os solos das restingas do litoral norte fluminense, sob diferentes coberturas vegetais, o pH variou de 3,69 a 6,84 (GOMES *et al.*, 1998). Os autores citam que os valores mais altos de pH refletem a influência de detritos conchíferos no sedimento marinho quartzoso, com forte presença de nódulos carbonatados (fragmentos de conchas); já os menores valores de pH, de forma geral, foram encontrados nos perfis sob vegetação nativa.

Apesar das espécies nativas apresentarem adaptações para sobrevivência em solos ácidos, como é o caso da maioria dos solos tropicais, a resposta destas espécies à calagem parece ser variável com a espécie, podendo em relação à calagem, a resposta ser positiva, negativa ou nula, fato este que aponta para a necessidade da identificação da resposta à calagem para cada espécie utilizada.

Em relação à calagem, SOUZA *et al.* (2004) encontraram diferentes respostas para o crescimento, em condições de viveiro, de duas espécies de leguminosas de ocorrência em cerrado: para o baru (*Dipteryx alata*), a aplicação de calcário propiciou efeito positivo no desenvolvimento das mudas, enquanto que para o jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) não foram observadas alterações no desenvolvimento em função da calagem. VALE *et al.* (1996) verificaram que o crescimento radicular de *Eucalyptus grandis* e *Peltophorum dubium* não foi afetado em condições de solo ácido, enquanto *Enterolobium contortisiliquum*, *Melia azedarach* e *Leucaena* sp. tiveram seu crescimento radicular afetado.

NICOLOSO *et al.* (2008), estudando os efeitos da calagem e da adubação com N, P, K e S no crescimento de plantas jovens de grápia (*Apuleia leiocarpa*) em Argissolo Vermelho distrófico arênico, observaram que a calagem no horizonte A afetou negativamente o crescimento das plantas. Os autores recomendam ainda, que a adubação com N, P, K e S para a produção de mudas de grápia deverá ser realizada somente em condição de pH

moderadamente ácido em Argissolo Vermelho distrófico arênico, pois, a elevação do pH em conjunto com a presença de adubação, resultou em uma redução no crescimento.

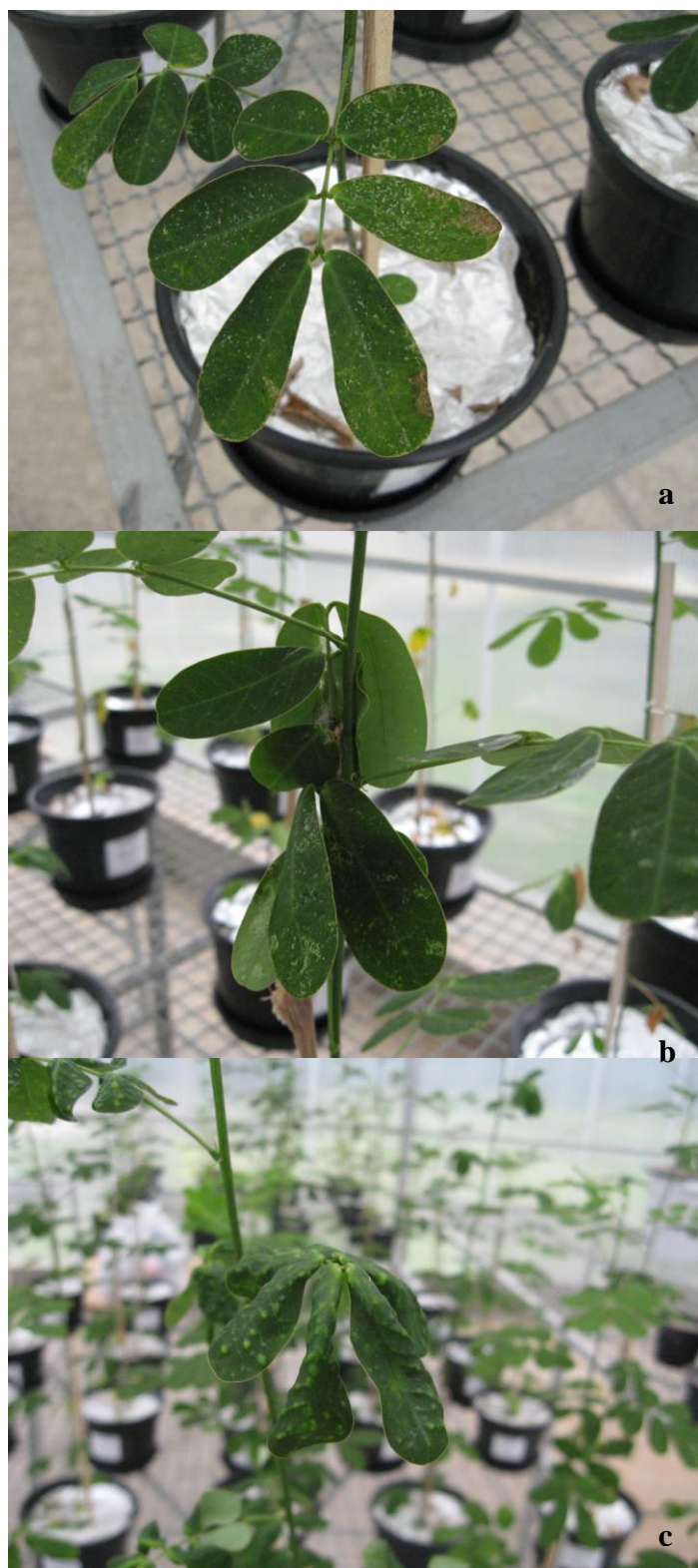
STANFORD & SILVA (2000) relatam que para a leguminosa sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), inoculadas com estirpes resistentes a acidez do solo, os maiores valores de matéria seca da parte aérea, de forma geral, foram encontrados nos tratamentos sem adição de calcário, o tratamento com o nível de 6 Mg calcário/ha afetou o processo de fixação do N<sub>2</sub> e o desenvolvimento da planta, não sendo necessária a correção do solo com calcário para a leguminosa sabiá infectada com estirpes resistentes a acidez.

Espécies tolerantes à acidez do solo também podem apresentar resposta positiva à calagem do solo. A leguminosa *Cratylia argentea*, espécie tolerante à acidez, respondeu positivamente à calagem, cujo crescimento aumentou significativamente até a dose de 4 Mg de calcário/ha (XAVIER *et al.*, 1998).

Uma outra hipótese para o menor crescimento de *S. appendiculata* em solos com pH mais elevado, pode ser decorrente de uma menor disponibilidade de alguns micronutrientes para a planta. GOMES *et al.* (2008) atribuíram os menores valores de produção de matéria seca, altura e diâmetro de plantas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), verificados no maior nível de saturação por bases (V = 70%), ao aumento excessivo do pH do solo nesse tratamento, que por sua vez, pode acarretar a precipitação e/ou menor disponibilidade para as plantas de micronutrientes como Zn e Mn, comprometendo assim seu estado nutricional e, conseqüentemente, o crescimento das plantas.

#### 4.2 *Senna pendula*

A coleta dos experimentos com a espécie *Senna pendula*, ocorreu antes do previsto. A coleta deveria ser realizada após 90 dias de instalação dos experimentos de efeito da calagem e do nitrogênio, mas ocorreu aos 56 dias após a instalação, para o experimento de nitrogênio, e 57 dias, para o experimento de calagem. Esta coleta prematura dos experimentos foi realizada uma vez que as plantas estavam começando a ficar debilitadas, devido ao ataque de vírus, ácaros e lagartas de Lepidópteras (Figura 9a, 9b, 9c).



**Figura 9.** Plantas de *Senna pendula* atacadas por ácaro vermelho (a), lagarta de Lepidópteras (b) e vírus (c)

#### 4.2.1 Efeito de diferentes fontes e doses de nitrogênio no crescimento de *Senna pendula*

Para a espécie *Senna pendula*, como pode ser observado nas Tabelas 11, 12 e 13, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre as médias dos parâmetros avaliados nos tratamentos, exceto para o parâmetro relação raiz/parte aérea. No tratamento com  $\text{NH}_4^+$  (20 mg de N/planta) foi observada a menor média para a relação raiz/parte aérea que diferiu apenas do tratamento sem adição de nitrogênio mineral (testemunha).

O tratamento sem adição de nitrogênio foi o responsável pelas maiores médias de parâmetros relacionados às raízes da planta, como a relação raiz/parte aérea e acúmulo de matéria seca da raiz, repetindo o mesmo padrão de resposta obtido com *Senna appendiculata*. Houve aumento dos parâmetros relacionados à parte aérea da planta com a adição de nitrogênio. Quando utilizou-se  $\text{NO}_3^-$  (20 mg de N/planta) como fonte de nitrogênio houve maior crescimento da planta em altura, que, apesar de não ser significativa, diferiu em 16,4 cm em relação à testemunha. Comparando ainda estes dois tratamentos, as maiores médias para o incremento médio em altura, entre os intervalos 29-56 e 0-56 dias de instalação do experimento, foram alcançadas pelo tratamento com a adição de nitrogênio mineral, na dose de 20 mg de N/planta, sob a forma de  $\text{NO}_3^-$ , e as menores médias no tratamento sem adição de nitrogênio (testemunha).

**Tabela 11.** Efeito da aplicação de nitrogênio na altura, diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) das plantas de *Senna pendula*

| Tratamentos              |          | Altura    | DC       | CR        |
|--------------------------|----------|-----------|----------|-----------|
| Fonte N                  | N/planta | (cm)      | (mm)     | (cm)      |
| Testemunha               |          | 53,1 n.s. | 3,3 n.s. | 40,3 n.s. |
| $\text{NO}_3^-$          | 10 mg    | 61,3      | 3,2      | 33,8      |
| $\text{NO}_3^-$          | 20 mg    | 69,5      | 3,7      | 37,7      |
| $\text{NH}_4^+$          | 10 mg    | 58,4      | 3,8      | 37,6      |
| $\text{NH}_4^+$          | 20 mg    | 64,6      | 3,3      | 31,6      |
| $\text{NO}_3\text{NH}_4$ | 10 mg    | 58,9      | 3,1      | 45,7      |
| $\text{NO}_3\text{NH}_4$ | 20 mg    | 62,9      | 3,5      | 38,2      |
| CV %                     |          | 16,63     | 13,02    | 19,16     |

n.s. = diferenças não significativas

**Tabela 12.** Efeito da aplicação de nitrogênio no acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA), acúmulo de matéria seca da raiz (MSR), relação raiz/parte aérea (R/PA) e pH do solo, das plantas de *Senna pendula*

| Tratamentos                     |            | MSPA      | MSR       | R/PA    | pH        |
|---------------------------------|------------|-----------|-----------|---------|-----------|
| Fonte de N                      | N / planta | (g)       | (g)       |         |           |
|                                 | Testemunha | 2,69 n.s. | 0,68 n.s. | 0,26 a  | 4,43 n.s. |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 10 mg      | 2,54      | 0,53      | 0,20 ab | 4,39      |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 20 mg      | 2,97      | 0,53      | 0,18 ab | 4,51      |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>    | 10 mg      | 2,40      | 0,55      | 0,24 ab | 4,25      |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>    | 20 mg      | 3,26      | 0,52      | 0,16 b  | 4,30      |
| NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> | 10 mg      | 2,65      | 0,53      | 0,20 ab | 4,16      |
| NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> | 20 mg      | 2,42      | 0,43      | 0,18 ab | 4,17      |
| CV %                            |            | 24,08     | 30,31     | 21,72   | 5,17      |

n.s. = diferenças não significativas

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

**Tabela 13.** Efeito da aplicação de nitrogênio na taxa de crescimento relativo (TCR) e no incremento médio em altura (IMA) das plantas de *Senna pendula*

| Tratamentos                     |            | TCR                      | IMA - Incremento Médio em Altura (mm/dia) |              |             |
|---------------------------------|------------|--------------------------|---|--------------|-------------|
| Fonte de N                      | N / planta | (g g dia <sup>-1</sup> ) | 0 - 29 dias                               | 29 - 56 dias | 0 - 56 dias |
|                                 | Testemunha | 0,085 n.s.               | 4,00 n.s.                                 | 13,26 n.s.   | 08,46 n.s.  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 10 mg      | 0,081                    | 4,97                                      | 15,26        | 09,93       |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 20 mg      | 0,086                    | 4,38                                      | 18,93        | 11,39       |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>    | 10 mg      | 0,083                    | 3,10                                      | 16,19        | 09,41       |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>    | 20 mg      | 0,087                    | 5,21                                      | 16,22        | 10,52       |
| NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> | 10 mg      | 0,084                    | 3,90                                      | 15,52        | 09,50       |
| NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> | 20 mg      | 0,082                    | 4,31                                      | 16,56        | 10,21       |
| CV %                            |            | 6,71                     | 50,35                                     | 18,47        | 18,34       |

n.s. = diferenças não significativas

Em relação ao pH do solo, para essa espécie, assim como para a espécie *Senna appendiculata*, observou-se um ligeiro aumento do pH nos tratamentos onde a fonte de nitrogênio utilizada foi o nitrato, e ligeira redução do pH nos tratamentos com amônia. ROSOLEM *et al.* (2003) citam que o fertilizante nitrogenado aplicado atua acidificando a região, e a planta, por sua vez, dependendo da forma de N absorvida (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ou NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), pode colaborar para a acidificação ou para a elevação do pH. A influência da forma de nitrogênio absorvida no pH do solo também foi observada por GONÇALVES (1997), CURTI JUNIOR (1998), NASCIMENTO, (1998), RODRIGUES (2004) e RAMOS (2008).

Visualmente as plantas sem adição de nitrogênio apresentaram coloração mais amarelada se comparadas aos tratamentos com a adição de nitrogênio (Figura 10), indicando a necessidade de complementação com adubação nitrogenada para otimizar o crescimento da planta.





**Figura 10.** Comparação entre as plantas de *Senna pendula* dos tratamentos do experimento de efeito do nitrogênio; a partir da esquerda: (a) testemunha,  $\text{NH}_4^+$  [10 mg] e  $\text{NH}_4^+$  [20 mg]; (b) testemunha,  $\text{NO}_3^-$  [10 mg] e  $\text{NO}_3^-$  [20 mg]; (c) testemunha,  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  [10mg] e  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  [20 mg]

O menor valor da relação raiz/parte aérea, onde no tratamento com  $\text{NH}_4^+$  na dose de 20 mg de N/planta diferiu significativamente da testemunha (sem adição de nitrogênio mineral), pode ser resultado de maior disponibilidade de nutrientes à planta, favorecendo maior incremento da parte aérea da mesma. Em relação à deficiência de nitrogênio, SOUZA

& FERNANDES (2006) citam que inicialmente, em detrimento das reservas da parte aérea, a planta promove alongamento do sistema radicular como uma tentativa de encontrar nutriente no solo. Portanto, o maior crescimento do sistema radicular de *S. pendula*, conseqüentemente maior valor da relação raiz/parte aérea, no tratamento sem adição de nitrogênio mineral pode ser o reflexo da deficiência deste nutriente.

De um modo geral, a adição de nitrogênio sob a forma de  $\text{NO}_3^-$  parece ter favorecido o crescimento de *S. pendula*. Uma maior preferência de espécies arbóreas pioneiras por este íon foi contatada por FURTINI NETO *et al.* (2000). O nitrato foi a fonte preferencial de nitrogênio para as espécies *Senna macranthera*, *Jacaranda mimosaefolia*, cássia-verrugosa e cinamomo (FURTINI NETO *et al.*, 2000); e *Licania tomentosa* (RODRIGUES, 2004). Há necessidade de desenvolvimento de mais estudos com a espécie *S. pendula* para a determinação da fonte de nitrogênio preferencial para esta espécie, uma vez que o tempo de realização do experimento parece não ter sido suficiente para estabelecer esta fonte.

Esperava-se que *S. pendula*, por se tratar de uma espécie do grupo ecológico das pioneiras (NAPPO *et al.*, 2004), respondesse à adubação nitrogenada, devido à sua maior demanda por nutrientes em função de seu rápido crescimento. Embora tenha sido observada uma tendência à preferência por  $\text{NO}_3^-$ , respostas estatisticamente significativas não foram observadas. RESENDE *et al.* (2000) observaram que as espécies pioneiras acumulam quantidades de nutrientes expressivamente maiores, em função do seu maior crescimento e produção de biomassa, se comparadas às espécies do grupo clímax, bem como maior eficiência de utilização dos nutrientes absorvidos. Maior resposta de espécies pioneiras à melhora da fertilidade do solo também foram encontradas por SANTOS *et al.* (2008), FURTINI NETO *et al.*, (1999<sup>a</sup> e 1999<sup>b</sup>) e RESENDE *et al.* (1999).

Embora o nitrogênio seja um nutriente importante para o crescimento vegetal, as plantas podem não responder à adubação nitrogenada, principalmente as espécies nodulíferas. CHAVES *et al.* (2003) estudaram a adição de nitrogênio em mudas de *Sesbania virgata*, produzidas em substrato constituído de resíduos agroindustriais e concluíram que sob estas condições, a adição de nitrogênio não é necessária, visto que a nodulação natural supre a demanda de nitrogênio por esta espécie.

#### **4.2.2 Efeito da calagem e do pH do solo no crescimento de *Senna pendula***

Para quase todos os parâmetros de crescimento avaliados (Tabelas 14, 15 e 16) não foram encontradas diferenças estatísticas significativas, exceto para o incremento médio em altura aos 29 dias de instalação do experimento de efeito da calagem (Tabela 16), que foi superior no tratamento de 4 Mg de calcário/ha e diferiu significativamente dos demais tratamentos. A ausência de diferenças significativas entre os tratamentos pode ser atribuída, como para a espécie *S. appendiculata*, à variabilidade genética das sementes, influenciando a análise estatística, com um coeficiente de variação elevado.

**Tabela 14.** Efeito da calagem na altura, diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) das plantas de *Senna pendula*

| Tratamentos<br>(Mg calcário/ha) | Altura<br>(cm) | DC<br>(mm) | CR<br>(cm) |
|---------------------------------|----------------|------------|------------|
| 0                               | 51,7 n.s.      | 3,3 n.s.   | 33,0 n.s.  |
| 2                               | 40,6           | 2,9        | 30,1       |
| 4                               | 61,7           | 3,0        | 27,3       |
| 6                               | 48,5           | 2,9        | 28,2       |
| CV %                            | 23,14          | 18,09      | 29,40      |

n.s. = diferenças não significativas

**Tabela 15.** Efeito da calagem no acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA), acúmulo de matéria seca da raiz (MSR), relação raiz/parte aérea (R/PA) e pH do solo, das plantas de *Senna pendula*

| Tratamentos<br>(Mg calcário/ha) | MSPA<br>(g) | MSR<br>(g) | R/PA      | pH     |
|---------------------------------|-------------|------------|-----------|--------|
| 0                               | 2,20 n.s.   | 0,43 n.s.  | 0,20 n.s. | 4,37 d |
| 2                               | 1,86        | 0,37       | 0,20      | 5,82 c |
| 4                               | 2,30        | 0,39       | 0,16      | 6,32 b |
| 6                               | 1,79        | 0,32       | 0,18      | 6,61 a |
| CV %                            | 34,85       | 45,40      | 24,33     | 1,55   |

n.s. = diferenças não significativas

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

**Tabela 16.** Efeito da calagem na taxa de crescimento relativo (TCR) e no incremento médio em altura (IMA) das plantas de *Senna pendula*

| Tratamentos<br>(Mg calcário/ha) | TCR<br>(g g dia <sup>-1</sup> ) | IMA - Incremento Médio em Altura (mm/dia) |              |             |
|---------------------------------|---------------------------------|---|--------------|-------------|
|                                 |                                 | 0 - 29 dias                               | 29 - 57 dias | 0 - 57 dias |
| 0                               | 0,080 n.s.                      | 3,45 b                                    | 12,86 n.s.   | 8,07 n.s.   |
| 2                               | 0,074                           | 3,12 b                                    | 09,24        | 6,13        |
| 4                               | 0,078                           | 5,69 a                                    | 14,11        | 9,82        |
| 6                               | 0,074                           | 3,24 b                                    | 11,93        | 7,51        |
| CV %                            | 11,75                           | 34,85                                     | 27,31        | 26,04       |

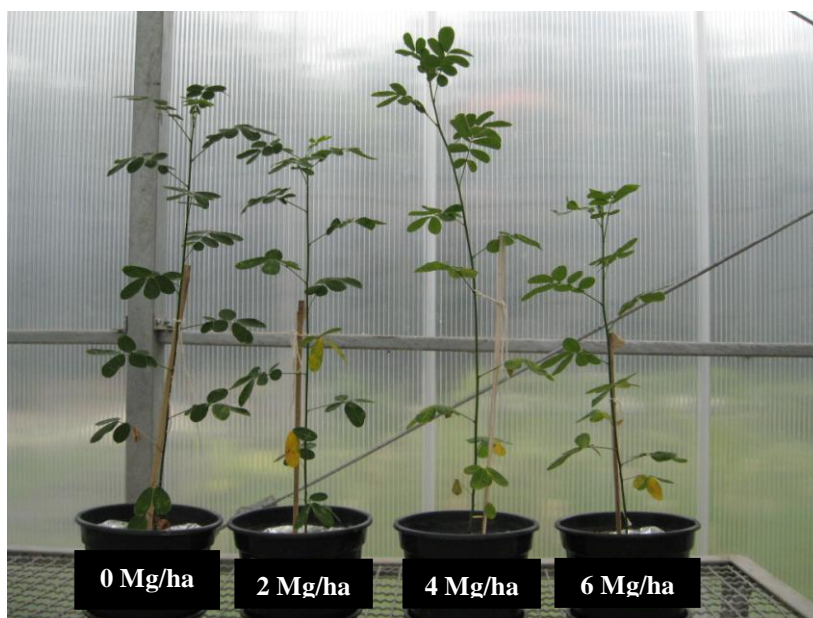
n.s. = diferenças não significativas

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

No tratamento onde não houve a aplicação de calcário (pH = 4,37), parâmetros como diâmetro do coleto, comprimento da raiz, acúmulo de matéria seca da raiz, incremento médio em altura, entre 29 e 57 dias da instalação do experimento, e taxa de crescimento relativo (TCR) apresentaram os maiores valores. O tratamento correspondente a 2 Mg calcário/ha (pH = 5,82) apresentou os menores valores para os parâmetros diâmetro do coleto, incremento médio em altura (em todos os intervalos) e taxa de crescimento relativo; a relação raiz/parte aérea obteve seu maior valor neste tratamento. A altura, o acúmulo de matéria seca na parte aérea e o incremento médio em altura (nos intervalos de 0-29 e 0-57 dias de instalação do experimento) alcançaram os maiores valores no tratamento de 4 Mg de calcário/ha (pH = 6,32). Neste mesmo tratamento (4 Mg de calcário/ha) foi verificado o menor valor de relação

raiz/parte aérea. O acúmulo de matéria seca da raiz e da parte aérea, diâmetro do coleto e a taxa de crescimento relativo apresentaram menores valores no tratamento de 6 Mg de calcário/ha (pH = 6,61), sendo que para os dois últimos parâmetros os valores foram iguais aos do tratamento de 2 Mg de calcário/ha.

Na Figura 11, pode ser observada a comparação entre as plantas dos tratamentos do experimento de efeito da calagem da espécie *Senna pendula*.



**Figura 11.** Comparação entre as plantas de *Senna pendula* nos diferentes níveis de calagem

Embora sem diferenças estatísticas entre os tratamentos, o tratamento sem adição de calcário, conseqüentemente, o que apresenta o pH mais ácido, proporcionou maiores valores nos parâmetros de crescimento relacionados à raiz da planta (comprimento e acúmulo de matéria seca) que obteve seus menores valores em pH mais alto. Em contrapartida os tratamentos com pH mais alto (4 Mg de calcário/ha) obtiveram os maiores valores nos parâmetros relacionados à parte aérea da planta, como o acúmulo de matéria seca e altura, e ainda maior valor do parâmetro incremento médio em altura entre 0-29 dias, que diferiu significativamente dos demais tratamentos.

De acordo com estes resultados pode-se sugerir que *S. pendula* tem maior desenvolvimento do sistema radicular em solos ácidos, fato que pode estar relacionado, provavelmente, à procura por fósforo, cuja disponibilidade aumenta com a aplicação de calcário e conseqüentemente, houve melhor desenvolvimento da parte aérea em solos mais próximos da neutralidade, onde além de maior disponibilidade de fósforo, a calagem favorece a mineralização e a nitrificação, aumentando a disponibilidade de nitrogênio às plantas (ROSOLEM *et al.*, 2003). GOMES *et al.* (2008) observaram que na baixa disponibilidade de fósforo, a maior alocação de carbono nas raízes de garapa (*Apuleia leiocarpa*), tanto para produção de biomassa quanto para respiração de manutenção, constituiu em fator limitante para o crescimento vegetal como um todo. Segundo SCHUMACHER *et al.* (2004), a grande alocação de matéria seca para a parte aérea, ocorre geralmente na maioria das plantas com suprimento adequado de nutrientes (2004).

A variabilidade das espécies florestais em termos de sensibilidade às condições de acidez do solo e capacidade de resposta à aplicação de corretivos e fertilizantes pode estar relacionada ao grupo ecológico a qual pertence, podendo haver comportamento distinto entre as espécies do mesmo grupo ecológico (SANTOS *et al.*, 2008; RESENDE *et al.*, 2000;

FURTINI NETO et al., 1999a e 1999b; RESENDE et al., 1999). FURTINI NETO et al., (1999b) afirmam que em geral, as espécies pioneiras e secundárias apresentaram as maiores respostas à calagem quanto à produção de matéria seca total, enquanto que as espécies clímax não são afetadas. As espécies pioneiras e secundárias apresentaram maiores conteúdos de Ca, Mg e P e baixa eficiência de utilização de Ca e Mg. Contudo, a eficiência de utilização de P foi maior. Em contraste, os conteúdos de Ca, Mg e P das espécies clímax foram apenas levemente afetados pela calagem. A resposta em crescimento em função da correção da acidez do solo foi sensivelmente maior para as espécies florestais de crescimento mais rápido, que normalmente requerem maior quantidade de nutrientes, independentemente do seu grupo sucessional (FURTINI NETO et al., 1999a). Portanto, esperava-se que a espécie *S. pendula*, localizada no grupo ecológico das pioneiras (NAPPO et al., 2004), cujo crescimento inicial é rápido, quando comparada às outras duas espécies aqui estudadas, respondesse de maneira positiva à correção do solo pela calagem, mas este fato não foi observado.

A baixa capacidade produtiva dos solos ácidos pode estar relacionada à atuação isolada ou ao efeito conjunto de diversos fatores, como a toxidez do solo por certos elementos (Al, Mn e Fe) e/ou a deficiência de alguns nutrientes (FURTINI NETO et al., 1999a), sendo a calagem necessária para corrigir estas deficiências. A elevação do pH do horizonte A de um Argissolo Vermelho distrófico arênico reduziu significativamente os teores de Zn, Fe e Mn, respectivamente em 38%, 28% e 89%, já no horizonte B, esse efeito se fez presente apenas nos teores de Zn e Fe, que reduziram em média 36% e 35%, respectivamente (NICOLOSO et al., 2008). Após a correção do solo com gesso agrícola, foi observado um aumento de 50% na absorção de nutrientes pela cultura do trigo, em solos de cerrado (SOUSA et al., 2005). BLAIR et al. (1988) relataram que para *Leucaena leucocephala* a adição de calcário em solos ácidos aumentou a acumulação de N total pela planta.

O crescimento de *S. pendula*, não parece ser limitado pela acidez do solo, mas a calagem pode ter aumentado a disponibilidade de nutrientes, favorecendo assim o maior crescimento das plantas no tratamento com aplicação de 4 Mg de calcário/ha. Neste tratamento as plantas atingiram os maiores valores de incremento médio em altura, nos três intervalos de tempo, sendo que para o incremento até os 29 dias do transplante das mudas, esse valor diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Estudando a nutrição mineral de plantas de maxixe-do-reino, FERNANDES et al. (2005) observaram que com a calagem do solo todos os nutrientes estudados (N, P, K, B, Cu e Zn) contribuíram para o acúmulo total de matéria seca, quando comparados ao tratamento sem calagem.

Neste experimento não foi estudado o efeito da calagem na absorção de nutrientes, por isso não se pode afirmar que a calagem aumentou a disponibilidade de nutrientes para *S. pendula*.

### **4.3 *Machaerium lanceolatum***

Para a espécie *Machaerium lanceolatum* não foi possível realizar o experimento de resposta a diferentes fontes e doses de nitrogênio. Isto ocorreu devido a uma disponibilidade pequena de sementes, aliada a baixa taxa de germinação desta espécie.

#### **4.3.1 Efeito da calagem e do pH do solo no crescimento de *Machaerium lanceolatum***

Embora tenha sido feito a inoculação com estirpes de bactérias do grupo rizóbio, nenhuma planta de *Machaerium lanceolatum* nodulou. O inoculante utilizado foi uma mistura de estirpes para *Dalbergia nigra* (BR 8401 e BR 8409) e *Pterocarpus* (BR 4406, BR 3609, BR 8651, BR 8652, BR 8653), produzidos pela Embrapa Agrobiologia, pois, para esta espécie

ainda não existem estirpes selecionadas. A ausência de nodulação observada pode ter sido consequência da utilização de estirpes de rizóbio ineficientes para esta espécie.

A comparação entre os tratamentos do experimento de efeito da calagem da espécie *M. lanceolatum*, pode ser observada na Figura 12.



**Figura 12.** Comparação entre as plantas de *Machaerium lanceolatum* nos diferentes níveis de calagem

Para todos os parâmetros de crescimento avaliados (Tabela 17, 18 e 19), exceto para o incremento médio em altura entre 30 e 62 dias da instalação do experimento, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. O incremento médio em altura, no intervalo 30-62 dias da instalação do experimento, foi superior no tratamento de 0 Mg de calcário/ha que diferiu significativamente dos demais tratamentos (Tabela 19).

**Tabela 17.** Efeito da calagem na altura, diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) das plantas de *Machaerium lanceolatum*

| <b>Tratamentos<br/>(Mg calcário/ha)</b> | <b>Altura<br/>(cm)</b> | <b>DC<br/>(mm)</b> | <b>CR<br/>(cm)</b> |
|---|------------------------|--------------------|--------------------|
| 0                                       | 17,1 n.s.              | 3,66 n.s.          | 20,8 n.s.          |
| 2                                       | 14,6                   | 3,75               | 18,8               |
| 4                                       | 17,1                   | 4,07               | 17,6               |
| 6                                       | 15,6                   | 3,66               | 21,8               |
| CV %                                    | 16,52                  | 10,96              | 19,62              |

n.s. = diferenças não significativas

**Tabela 18.** Efeito da calagem no acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA), acúmulo de matéria seca da raiz (MSR), relação raiz/parte aérea (R/PA) e pH do solo, das plantas de *Machaerium lanceolatum*

| Tratamentos<br>(Mg calcário/ha) | MSPA<br>(g) | MSR<br>(g) | R/PA      | pH     |
|---------------------------------|-------------|------------|-----------|--------|
| 0                               | 2,22 n.s.   | 0,53 n.s.  | 0,24 n.s. | 4,70 d |
| 2                               | 2,16        | 0,57       | 0,21      | 5,94 c |
| 4                               | 2,27        | 0,54       | 0,24      | 6,26 b |
| 6                               | 2,03        | 0,45       | 0,22      | 6,58 a |
| CV %                            | 16,85       | 22,57      | 15,18     | 2,05   |

n.s. = diferenças não significativas

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

**Tabela 19.** Efeito da calagem no incremento médio em altura (IMA) das plantas de *Machaerium lanceolatum*

| Tratamentos<br>(Mg calcário/ha) | IMA - Incremento Médio em Altura (mm/dia) |              |              |
|---------------------------------|---|--------------|--------------|
|                                 | 30 - 62 dias                              | 62 - 79 dias | 30 - 79 dias |
| 0                               | 2,72 a                                    | 0,76 n.s.    | 2,04 n.s.    |
| 2                               | 1,59 b                                    | 1,24         | 1,47         |
| 4                               | 2,09 b                                    | 1,00         | 1,71         |
| 6                               | 1,56 b                                    | 0,88         | 1,33         |
| CV %                            | 31,31                                     | 51,75        | 27,09        |

n.s. = diferenças não significativas

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

Os resultados sugerem que plantas de *M. lanceolatum* apresentaram melhor crescimento em altura em solos com pH ácido, pois quando foi utilizada a correlação de Pearson (r) entre o pH do solo e os parâmetros avaliados, o incremento médio em altura, nos intervalos de 30-62 dias ( $r = -0,46$ ) e 30-79 dias ( $r = -0,40$ ) da instalação do experimento, apresentou correlação significativa com a diminuição do pH. Contudo esta correlação pode ser considerada baixa. Quando foram analisados os demais parâmetros de crescimento, como altura e diâmetro do coleto, esta tendência não foi observada, sendo assim, não se pode afirmar que a calagem exerceu influência no crescimento de *M. lanceolatum*.

A aplicação de calcário pode não exercer efeito no crescimento de espécies florestais, como observaram ARTUR *et al.* (2007), na produção de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense*), GOMES *et al.* (2004) no crescimento de angico-branco (*Anadenanthera colubrina*), SOUZA *et al.* (2004) no crescimento de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) e CURTI JÚNIOR *et al.* (2001) no crescimento de *Inga marginata*. De acordo com CALDEIRA JÚNIOR *et al.* (2007), a correção da acidez do solo com silicato não teve influência no crescimento de aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*), mas quando o crescimento da mesma espécie foi avaliado utilizando-se  $\text{CaCO}_3 + \text{Mg}$  solúvel para correção da acidez do solo, o crescimento da planta foi afetado positivamente (VENTURIN *et al.*, 2000). Os mesmos autores indicam, ainda, que o uso de calcário calcítico mais uma fonte solúvel de magnésio é mais efetivo que o uso de calcário dolomítico.

A ausência de resposta da planta à calagem pode ser consequência dos teores originais de Ca, Mg e saturação por bases do solo utilizado (Tabela 1), que podem ter sido suficientes para suprir a demanda da planta nessa fase, como sugeriram GOMES *et al.* (2008), para garapa (*Apuleia leiocarpa*), e GOMES *et al.* (2004) para angico-branco (*Anadenanthera*

*colubrina*). SOUSA *et al.* (2005) indicam que, para os solos do cerrado, há probabilidade de resposta da planta à aplicação de gesso agrícola, tanto para culturas perenes quanto anuais, em solos onde a saturação por alumínio é superior a 20% ou o teor de cálcio inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ .

Estudando o crescimento de *Machaerium nictitans*, mesmo gênero da espécie estudada, sob diferentes níveis de saturação por base em três tipos de solo, SOUZA *et al.* (2008) encontram diferentes respostas. A espécie respondeu significativamente ao aumento da saturação por bases, quando utilizado Latossolo Vermelho-Amarelo álico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico como substratos; mas quando foi utilizado como substrato, o Argissolo Vermelho-Amarelo, nenhuma das características estudadas apresentou resposta significativa diante da elevação da saturação por bases do substrato. Tal resultado pode ser devido aos elevados teores iniciais de Ca ( $1,74 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), Mg ( $0,17 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ) e saturação por bases (39,4%) do solo, que podem ter sido suficientes para suprir a necessidade da planta, pelo menos durante a fase de muda. Condições semelhantes são encontradas no solo utilizado neste experimento (Tabela 1), como os teores iniciais de Ca ( $2,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), Mg ( $1,6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ) e a saturação por bases (42%), estas condições podem ter caracterizado à resposta nula à calagem, da espécie *M. lanceolatum*.



## 5 CONCLUSÕES

O crescimento da espécie *Senna appendiculata* foi influenciado pela aplicação de nitrogênio, sendo que a fonte preferencial de nitrogênio para esta espécie parece ser o amônio.

A espécie *S. appendiculata* tem preferência por solos ácidos e a calagem não se faz necessária para o crescimento de mudas desta espécie, podendo influenciar negativamente o crescimento da mesma.

O crescimento da espécie *Senna pendula* foi influenciado pela aplicação de nitrogênio, no entanto não foi possível determinar a fonte de nitrogênio preferencial.

A espécie *S. pendula* não teve seu crescimento limitado em condições de solo ácido.

A calagem não exerceu influência no crescimento de *M. lanceolatum*; esta espécie não teve seu crescimento limitado em condições de solo ácido.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A. O.; SOUZA, V. C. Uma nova espécie de *Senna* Mill. (Leguminosae – Caesalpinoideae) do Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 2, p. 359-362, 2007.
- ARAÚJO, D. S. D. **Análise florística e fitogeográfica da restingas do Estado do Rio de Janeiro**. 2000. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000, 176 p.
- ARAÚJO, D. S. D. Comunidades vegetais. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R. & TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: origem, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 157.
- ARAÚJO, D. S. D.; HENRIQUES, R. P. B. Análise florística das restingas do estado do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R. & TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: origem, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 159-193.
- ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 42, n. 6, p. 843-850, jun., 2007.
- ASSIS, A. M.; THOMAZ, L. D.; PEREIRA, O. J. Florística de um trecho de floresta de restinga no município de Guarapari, Espírito Santo, Brasil **Acta Botânica Brasileira**, vol. 18, n. 1, p. 191-201, 2004.
- ASSUMPCÃO, J.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 14, n. 3, p. 301-315, 2000.
- AZEREDO, G. A.; BRUNO, R. L. A.; ANDRADE, L. A.; CUNHA, A. O. Germinação em sementes de espécies florestais da Mata Atlântica (Leguminosae) sob condições de casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v. 33, n. 1, p. 11-16, 2003.
- BIRUEL, R. P.; AGUIAR, I. B.; PAULA, R. C. Germinação de sementes de pau-ferro submetidas a diferentes condições de armazenamento, escarificação química, temperatura e luz. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 3, 2007.
- BLAIR, G. I.; LITHGOW, K. B.; ORCHARD, P. W. The effects of pH and calcium on the growth of *Leucaena leucocephala* in an oxisol and ultisol soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 106, p. 209-214, 1988.
- BOVI, M. L. A.; GODOY JÚNIOR, G.; SPIERING, S. H. Respostas de crescimento da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 161-166, jan./mar. 2002.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução CONAMA nº 007 de 23 de Julho de 1996.

BRASIL. Decreto nº 750, de 10 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica, e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispões sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 16 set.1965, p. 9.529, retificado no D.O. de 28 set. 1965, p. 9.914.

BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; PAULA, R. C. Tratamentos pré-germinativos para superar a dormência de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 23, n. 2, p. 136-143, 2001.

CAIRES, E. F. & FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 213-220, 2000.

CALDEIRA JÚNIOR, C. F.; SOUZA, R. A.; MARTINS, E. R.; SAMPAIO, R. A. Crescimento de Aroeira sob Adubação com Lodo de Esgoto e Silicato visando a Revegetação de Área Degradada. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 261-263, jul. 2007.

CHAVES, L. L. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. S. Efeitos da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada na produção de mudas de sesbânia em substrato constituído de resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n.4, p.443-449, 2003.

CHIARIELLO, N. R.; MOONEY, H. A.; WILLIAMS, K. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues. In: PEARCY, R. W.; EHLERINGER, J.; MOONEY, H. A.; RUNDEL, P. W. (eds.). **Plant Physiological Ecology: Field methods and instrumentation**. London, Chapman & Hall, 1989. p. 327-365

CONDE, M. M. S.; LIMA, H. R. P.; PEIXOTO, A. L. Aspectos florísticos e vegetacionais da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAUJO, D. S. D. (editores). **História Natural da Marambaia**. Seropédica, RJ: EDUR, 2005. p. 133-168

CURTI JUNIOR, H. M. **Leguminosas arbóreas da Mata Atlântica: efeito da adição de diferentes formas de nitrogênio na nodulação e crescimento**. 1998. 63 p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 1998.

CURTI JUNIOR, H. M. GOI, S. R.; JACOB-NETO, J. Resposta de *Inga marginata* à variações de pH e calcário. In: V Congresso de Ecologia do Brasil, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, 2001.

DAVE'S GARDEN. PlantFiles: Detailed information on Senna Senna Appendiculata. Disponível em: <<http://davesgarden.com/guides/pf/go/62805/>> Acesso em: 08 mar. 2009.

DIAS, G. T. M. & SILVA, C. G. Geologia de depósitos arenosos costeiros emersos – Exemplos ao longo do litoral Fluminense. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R. & TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: origem, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 47-60.

DIAS, H. M. **Estrutura do estrato lenhoso de uma comunidade arbustiva fechada sobre cordão arenoso na Restinga da Marambaia, RJ**. 2005. 33 p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, RJ, 2005.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M.; DINIZ, F. O. Germinação de sementes de *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin E Barneby – Caesalpinioideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 1, abr. 2007.

FARIA, S. M. & CAMPELLO, E. F. C. Algumas espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio recomendadas para revegetação de áreas degradadas. **Recomendação Técnica – EMBRAPA**, 1999, nº 7, p. 1-8.

FERNANDES, L. A.; ALVES, D. S.; RAMOS, S. J.; OLIVEIRA, F. A.; COSTA, C. A.; MARTINS, E. R. Nutrição mineral de plantas de maxixe-do-reino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Notas Científicas, Brasília, v. 40, n. 7, p. 719-722, jul. 2005.

FOWLER, A. J. P. & BIANCHETTI, A. Dormência em sementes florestais. **Documentos 40, Embrapa Florestas**, Colombo, 27 p., 2000.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R.; FARIA, S. M. Revegetação de Solos Degradados. **Comunicado Técnico – EMBRAPA**, nº 9, p. 1-9, dez./1992 rev. mod.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras/MG, v. 5, n. 2, p. 01-12, 1999a.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; SILVA, I. R. Liming effects on growth of native woody species from Brazilian Savannah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 829-837, mai. 1999b.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. Fertilização em reflorestamentos com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V. (Eds) **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000, p. 351-384.

GÓES, M. H. B.; SILVA, J. X.; RODRIGUES, A. F.; CAVALCANTE, M. S. G.; RONCARATTI, H.; CRAVO, C. D.; MENEZES, L. F. T.; ANJOS, L. H. C.; VALADARES, G. S.; PEREIRA, M. G. Modelo digital para a restinga e paleoilha da Marambaia, Rio de Janeiro. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAUJO, D. S. D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica, RJ: EDUR, 2005. p. 231-284.

GOI, S. R. **Ureidos em leguminosas tropicais: ocorrência e efeitos de fatores ambientais**. 1981. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ, Brasil, 1981.

GOI, S. R.; SPRENT, J. I.; JACOB-NETO, J. Effect of different sources of N on the structure of *Mimosa caesalpiniaefolia* root nodules. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 29, n. 5/6, p. 983-987, 1997.

GOMES, F. H.; VIDAL-TORRADO, P.; MACÍAS, F.; GHERARDI, B.; PEREZ, X. L. O. Solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso (SP). I - Caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, p. 1563-1580, 2007.

GOMES, J. B.; RESENDE, M.; REZENDE, S. B.; MENDONÇA, E. S. Solos de três áreas de restinga. I. Morfologia, caracterização e classificação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 1907-1919, 1998.

GOMES, K. C. O. PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L. BARROS, N. F.; SILVA, S. R. Crescimento de mudas de garapa em resposta à calagem e ao fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.3, p.387-394, 2008.

GOMES, K. C. O. PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L. BARROS, N. F.; SILVA, S. R. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p. 785-792, 2004.

GONÇALVES, C. A. **Efeitos de diferentes formas de nitrogênio e níveis de fósforo na nodulação e estabelecimento de *Inga marginata* e *Plathymenia reticulata* Benth.** 1997. 46 p. Dissertação (Especialista em Ciências Ambientais). Universidade Federal Rural do Rio Janeiro. Seropédica, RJ, 1997.

GONÇALVES, C. A.; GOI, S. R. & JACOB NETO, J. Crescimento e nodulação de *Inga marginata* em resposta à adição de nitrogênio, fósforo e inoculação com rizóbio. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 6, n.1, p.118 - 126, jan./dez., 1999.

HAY, J. D. & LACERDA, L. D. Ciclagem de nutrientes do ecossistema de restinga. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R. & TURCQ, B. (orgs.). **Restingas: origem, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 459-473.

JACOB NETO, J.; GOI, S. R. & SPRENT, J. I. Efeito de diferentes formas de nitrogênio na nodulação e crescimento de *Acacia mangium*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 104-110, jan./dez. 1998.

LIMA, J. P. R.; MELLO FILHO, J. A.; FREIRE, L. R.; VIEIRA, F. Absorção de nitrogênio para *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake, em fase de viveiro em três ambientes. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 11-18, jan./dez. 2000.

LUZ, P. B.; TAVARES, A. R.; PAIVA, P. D. O.; MASSOLI, L. A. L.; AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S.; STANCATO, G. S.; LANDGRAF, P. R. C. Efeitos de nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento de *Raphis excelsa* (Thunberg) Henry ex. Rehder (palmeira-ráfia). **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 429-434, mai/jun. 2006.

MACHADO, C. F.; OLIVEIRA, J. A.; DAVIDE, A. C.; GUIMARÃES, R. M. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Cernea**, Lavras/MG, v. 8, n. 2, p. 017-025, 2002.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 4ª edição, 1979. 292 p.

MANTOVANI, W. **Restinga**. Disponível em <http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/meioamb/ecossist/restinga> Acesso em: 19 mai. 2004.

MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L.; BERNARDINO, D. C. S. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p.725-735, 2006.

MARTINS, S. E.; ROSSI, L.; SAMPAIO, P. S. P.; MAGENTA, M. A. G.. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioga, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 249-274, 2008.

MENEZES, L. F. T.; ARAUJO, D. S. D. Formações vegetais da Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAUJO, D. S. D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica, RJ: EDUR, 2005. p. 67-120

MORIM, M. P.; BARROSO, G. M. Leguminosae arbustivas e arbóreas da Floresta Atlântica do Parque Nacional do Itatiaia, Sudeste do Brasil: subfamílias Caesalpinioideae e Mimosoideae. **Rodriguésia**, v. 58, n. 2, p. 423-468, 2007.

NAPPO, M. E.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V.; MARCO JÚNIOR, P.; SOUZA, A. L.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Dinâmica da estrutura fitossociológica da regeneração natural em sub-bosque de *Mimosa scabrella* Benthham em área minerada, em Poços de Caldas, Mg. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 6, p. 811-829, 2004.

NASCIMENTO, A. S. G. **Leguminosas arbóreas de Florestas Pluviais Tropicais: Comportamento ecofisiológico em relação ao nitrogênio mineral e alumínio**. 1998. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Universidade Federal Rural do Rio Janeiro. Seropédica, RJ, 1998.

NASSIF, S. M. L.; VIEIRA, I. G.; FERNADES, G. D. Fatores Externos (ambientais) que Influenciam na Germinação de Sementes. **Informativo Sementes IPEF**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF, Piracicaba, abr. 1998. Disponível em: <http://www.ipef.br/tecsementes/germinacao.asp> >. Acesso em: 25 fev. 2009.

NEVES, K. M.; SAMPAIO, L. C.; NASCIMENTO, L. S.; GOI, S. R.; CARVALHO, A. G. Biometria de frutos e predação de sementes de *Cassia bicapsularis* L. de restinga, RJ. In: XVIII Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ, Seropédica. **Anais...** Seropédica: UFRRJ, CD-ROM, 2008.

NICOLOSO, F. T.; FORTUNATO, R. P.; FOGAÇA, M. A. F.; ZANCHETTI, F. Calagem e adubação NPKS: (I) Efeito no crescimento de mudas de grápia cultivadas em horizontes A e B de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, set. 2008.

NUNES, S. R. D. F. S.; GARCIA, F. C. P.; LIMA, H. C.; CARVALHO-OKANO, R. M. Mimosoideae (Leguminosae) arbóreas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil: distribuição geográfica e similaridade florística na Floresta Atlântica no Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 2, p. 403-421. 2007.

OROZCO-SEGOVIA, A. & VÁZQUEZ-YANES, C. Los sentidos de las plantas: la sensibilidad de las semillas a la luz. **Ciencia**, Santo Domingo, v. 43, p. 399-411, 1992.

PEREIRA, M. G.; MENEZES, L. F. T.; SILVEIRA FILHO, T. B.; SILVA, A. N. Propriedades químicas de solos sob *Neoregelia cruenta* (R. Grah) L.B. Smith na restinga da Marambaia, RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 12, n. 1, p. 70-73, 2005

PIRES, L. A.; BRITZ, R. M.; MARTEL, G.; PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, vol. 20, n. 1, p. 173-184, 2006.

RAMOS, D. P.; CASTRO, A. F.; CAMARGO, M. N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, v. 8, 1973.

RAMOS, P. C. O. **Efeito de diferentes fontes de nitrogênio no crescimento de *Coccoloba uvifera* L.** 2008. 18 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2008.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F. & EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.a., 1996, 728 p.

REIS, A. M.; OLIVEIRA, A. L. M.; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 153-174.

REIS-DUARTE, R. M.; CASAGRANDE, J. C.; SANTOS, D. A.; SILVA, O. A.; BARBOSA, L. M. Fertilidade do solo e fisionomias de floresta de restinga da Ilha Anchieta – SP: considerações para recuperação da vegetação. Disponível em: <[www.cemac-ufla.com.br/trabalhospdf/trabalhos%2520voluntarios/Aprovados%2520em%2520pdf/protoc%252064.pdf](http://www.cemac-ufla.com.br/trabalhospdf/trabalhos%2520voluntarios/Aprovados%2520em%2520pdf/protoc%252064.pdf)> Acesso em: 10 jun. 2007.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; MUNIZ, J. A.; FARIA, M. R. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 160-173, jan./mar. 2000.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, nov. 1999.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301 p.

RIO DE JANEIRO. Decreto n. 41.612, de 23 de dezembro de 2008. Dispõe sobre a definição de restingas no Estado do Rio de Janeiro e estabelece a tipologia e a caracterização ambiental da vegetação de restinga. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/blogs/blogverde/uma-lei-para-restinga>> Acesso em: 15 mar. 2009

RODRIGUES, G. R. G. **Crescimento de cinco espécies da Floresta Atlântica sob diferentes fontes e doses de nitrogênio**. 2004. 41 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2004.

RODRIGUES, R. S.; FLORES, A. S.; MIOTTO, S. T. S.; BAPTISTA, L. R. M. O gênero *Senna* (Leguminosae, Caesalpinioideae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 1-16, 2005.

RONCARATI, H. & MENEZES, L. F. T. Marambaia, Rio de Janeiro: origem e evolução. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAUJO, D. S. D. (eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica, RJ: EDUR, 2005.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 38, n. 2, p. 301-309, fev. 2003.

ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, 1998.

SANTOS, D. G.; COUTO, C. S.; OLIVEIRA, J. N.; SAMPAIO, L. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Comportamento germinativo de sementes de espécies florestais secundárias. In: XVI Jornada de Iniciação Científica na UFRRJ, 2006, Seropédica, **Anais...** Seropédica: UFRRJ, 2006, CD-ROM.

SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 799-807, 2008.

SARTORI, A. L. B. & TOZZI, A. M. G. A. As espécies de *Machaerium* Pers. (Leguminosae - Papilionoideae - Dalbergieae) ocorrentes no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 3, 1998.

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico vermelho (*Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, p. 149-155, 2004.

SILVA, A. L. G.; ORMOND, W. T.; PINHEIRO, M. C. B. Biologia floral e reprodutiva de *Senna australis* (Vell.) Irwin & Barneby (Fabaceae, Caesalpinioideae). **Boletim do Museu Nacional**, Nova Série, Botânica, Rio de Janeiro, n. 121, p. 1-11, out. 2002.

SILVEIRA FILHO, T. B.; SAMPAIO, L. C. & GOI, S. R. Efeito de diferentes fontes e níveis de nitrogênio no crescimento inicial de *Sophora tomentosa* L. (Leguminosae). In: XIV Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ, 2004, Seropédica, **Anais...** Seropédica: UFRRJ, 2008, CD-ROM.



SIQUEIRA, A. B. P. **Efeito de diferentes fontes e níveis de nitrogênio no crescimento inicial de *Mimosa bimucronata* (DC.) kuntze e de *Plathymenia reticulata* Benth. (Leguminosae).** 2006. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2006.

SMIDERLE, O. J.; SOUSA, R. C. P. Dormência em sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth - Fabaceae - Papilionidae). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n. 2, dez. 2003.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado. **Circular Técnica – Embrapa Cerrados**, Planaltina-DF, 16 p., 2005.

SOUZA, C. F.; RIBEIRO, W. C.; RAMOS, M. V. V. Crescimento inicial de espécies nativas do cerrado em resposta à calagem. In: 2º Seminário de Iniciação Científica da UEG, 2004, Anápolis, **Anais...**, Anápolis: UEG, 2004.

SOUZA, E. R. B.; ZAGO, R.; GARCIA, J.; FARIAS, J. G.; CARVALHO, E. M. S.; BARROSO, M. R. Efeito de métodos de escarificação do tegumento em sementes de *Leucaena diversifolia* L. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 142-146, set. 2007.

SOUZA, P. H.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, L. S. Influência da saturação por bases do substrato no crescimento e qualidade de mudas de *Machaerium nictitans* (VELL.) BENTH. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 193-201, 2008.

SOUZA, R. C. **Caracterização da biota do solo da Restinga da Marambaia, RJ, e estabelecimento de simbiose micorrízica em *Schinus terebinthifolius* Raddi.** 2007. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

SOUZA, S. R. & FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição Mineral de Plantas.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p. 215-252.

STANFORD, N. P. & SILVA, R. A. da. Efeito da calagem e inoculação de sabiá em solo da mata úmida e do semi-árido de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 5, p. 1037-1045, mai. 2000.

TEKETAY, D. Germination of *Acacia origena*, *A. pilispina* and *Pterolobium stellatum* in response to different pre-sowing seed treatments, temperature and light. **Journal of Arid Environments**, v. 38, p. 551-560, 1998.

VALADARES, J.; PAULA, R. C. Temperaturas para germinação de sementes de *Poecilanthe parviflora* Benth (Fabaceae - Faboideae). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 30, n. 2, p. 164-170, 2008.

VALE, F. R.; FURTINI NETO, A. E.; RENÓ, N. B.; FERNANDES, L. A.; RESENDE, A. V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 609-616, set. 1996.

VENTURIN, R. P.; BASTOS, A. R. R.; MENDONÇA, A. V. R.; CARVALHO, J. V. Efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). **Cerne**, Lavras/MG, v. 6, n. 1, p. 30-39, 2000.

VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F. R.; DAVIDE, A. C. Adubação mineral de angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, n. 3, p. 441-448, mar. 1999.

VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. D. Métodos de Quebra de Dormência de Sementes. **Informativo Sementes IPEF**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF, Piracicaba, nov. 1997. Disponível em: <<http://www.ipef.br/tecsementes/dormencia.asp>>. Acesso em: 25 fev. 2009.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-326.

WIERSEMA, J. H. A New Name for a Brazilian *Senna* (Leguminosae: Caesalpinoideae). **Taxon**, vol. 38, n. 4, p. 652-652, nov. 1989. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1222658>>. Acesso em: 07 abr. 2008.

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M. & BOTREL, M. A. Efeito da calagem sobre o crescimento da *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze. **Pasturas tropicales**, v. 20, n. 1, p.23-27, 1998.

ZAMITH, L. R. & SCARANO, F. R. Produção de Mudas de espécies das restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 161-176, 2004.

ZONTA, E.; BRASIL, F. C.; GOI, S. R.; ROSA, M. M. T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p. 07-52.