



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

ECOFISIOLOGIA, FENOLOGIA E ADAPTAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS  
ARBÓREAS NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DE VIANA – ES

JESUS FERNANDO MIRANDA BARBOSA

Vitória - ES

2014

JESUS FERNANDO MIRANDA BARBOSA

ECOFISIOLOGIA, FENOLOGIA E ADAPTAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS  
ARBÓREAS NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DE VIANA – ES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientador: Dr.<sup>o</sup> José Aires Ventura

Coorientadora: Dr.<sup>a</sup> Diolina M. Silva

VITÓRIA – ES

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

B238e Barbosa, Jesus Fernando Miranda, 1982-  
Ecofisiologia, fenologia e adaptação de espécies florestais  
arbóreas nas condições edafoclimáticas de Viana-ES / Jesus  
Fernando Miranda Barbosa. – 2014.  
90 f. : il.

Orientador: José Aires Ventura.

Coorientador: Diolina Moura Silva.

Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e  
Naturais.

1. Adaptação (Biologia). 2. Florestas. 3. Ecossistemas. 4.  
Fenologia. 5. Árvores. I. Ventura, José Aires, 1954-. II. Silva,  
Diolina Moura. III. Universidade Federal do Espírito Santo.  
Centro de Ciências Humanas e Naturais. IV. Título.

CDU: 57

---

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela saúde, pela vida e por ter iluminado o meu caminho até hoje.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pelo ensino e infraestrutura disponibilizados na minha formação.

Ao Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> José Aires Ventura pela orientação nesse mestrado.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Diolina Moura Silva pela contribuição para que eu pudesse realizar esse mestrado.

Aos amigos de turma do PPGBV/2012, pelos agradáveis momentos.

Aos professores do Programa do PPGBV, pelos ensinamentos e auxílio nas etapas do curso.

Aos Professores Wagner Miranda e Karina Hubner do CCA-UFES pela orientação no estágio em docência.

À Alcione, pelo apoio e por abrir meus olhos nos momentos mais difíceis.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural do Espírito Santo, pela contribuição nas análises de solo e fornecimento dos dados meteorológicos.

Ao técnico agrícola do Incaper, Afonso Carlos Valentim, pela ajuda na coleta dos dados e por se mostrar sempre muito prestativo.

E por último e não menos importante, agradeço ao chefe da Seção Fundiária, Wanderley Gonçalves e ao chefe do Departamento de Terras e Cartografia do IDAF, Robson de Almeida Britto, pelo apoio e colaboração ao flexibilizar meu horário de trabalho para realização deste estudo.

Meus sinceros agradecimentos.

*“Não são as espécies mais fortes  
que sobrevivem, nem as mais  
inteligentes, mas as mais sensíveis  
às mudanças”*

(Charles Darwin)

## RESUMO

A intensa atividade humana devasta grandes extensões de florestas nativas, seja para expansão da agricultura seja para suprir a crescente demanda do mercado por madeira, de uma forma ou de outra os pequenos fragmentos florestais remanescentes sofrem constantes pressões antrópicas, contudo, o uso de espécies arbóreas adaptadas pode contribuir para a proteção desses recursos naturais. Buscou-se neste estudo avaliar os padrões fenológicos de 109 espécies florestais arbóreas pertencentes a 37 famílias e 82 gêneros, dentre nativas e exóticas, com nove anos de idade, para diferenciar as mais adaptadas e com potencial de serem utilizadas em programas de reflorestamento. O estudo foi realizado na Fazenda Experimental do Incaper, em Jucuruaba, município de Viana-ES, (UTM E-345524, N-7741039). Foram realizadas análises químicas do solo na área plantada e os dados climatológicos obtidos na estação meteorológica de Viana. O estudo baseou-se na observação do número de plantas sobreviventes de cada espécie e da avaliação do seu crescimento. Foram realizadas observações das fenofases de brotação, senescência de folhas, floração e frutificação. As avaliações fenológicas foram realizadas em intervalos mensais, no período de novembro de 2012 a outubro de 2013. Realizou-se a medição da altura das árvores, diâmetro à altura do peito (DAP), índice de enfolhamento, taxa de sobrevivência e cálculo do ICC (Índice Combinado de Crescimento), bem como a determinação das espécies mais adaptadas. Das 109 espécies estudadas, 64,22% apresentaram adaptação funcional e estrutural às condições de solo e clima da região experimental, 42,22 % floresceram e frutificaram e 90% apresentaram senescência e brotação acompanhando a sazonalidade climática. Vinte e nove espécies apresentaram ICC maior do que o ICC médio. A maioria das espécies destacou-se como alternativa para recuperação da cobertura vegetal local, com destaque para *Inga uruguensis* e *Schizolobium amazonicum*. As análises de fluorescência da clorofila revelaram que o aparato fotossintético da *Schizolobium amazonicum* foi capaz de protegê-la da fotoinibição e promover boa conversão da energia luminosa em fotoquímica.

Palavras-chave: Adaptação. Arboreto. Biomas. Fenologia. Espécies Arbóreas.

## ABSTRACT

The intense human activity devastates large native forests areas, either for agriculture expansion or to supply the growing wood market; anyway, the small forest fragments remaining suffer constant anthropic pressure. However, the use of adapted tree species may contribute to the natural resources protection. This present study aimed the evaluation of phenological patterns from 109 forest tree species, belonging to 37 families and 82 genders, between native and exotic, with 9 years old, to differentiate the most adapted and with potential to be used in reforestation programs. The search was conducted at Incaper's Experimental Farm, in Jucuruaba, Viana-ES city, (UTM E-345524, N-7741039). It was performed soil chemical analysis of the planted area and the weather data was obtained in Viana's meteorological station. The study was based on the observation of the number of surviving plants from each specie and its growth evaluation. Observations of the budding phenophases, leaves senescence, flowering and fruiting were performed. Phenological evaluations were developed monthly, from November 2012 to October 2013. It were collected data from the measurement of tree height, diameter at breast height (DBH), index of foliage, survival rate and calculating the CGI (Combined Growth Index), as well as the determination of the most appropriate species. From the 109 species studied, 64.22% showed functional and structural adaptation to soil and climate conditions of the experimental region; 42.22% flowered and fruited; and 90% showed senescence and budding following seasonality. Twenty-nine species showed a GIC higher than the average. Most species stood out as an alternative to local vegetation recovery, especially *Inga uruguensis* and *Schizolobium amazonicum*. The chlorophyll fluorescence analysis revealed that the photosynthetic apparatus of *Schizolobium amazonicum* was able to protect it from photoinhibition and promote good conversion of light energy into photochemical.

Keywords: Adaptation. Arboretum. Biomes. Phenology. Tree species.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo na Fazenda Experimental Eng° Agr. Reginaldo Conde, Viana, Espírito Santo – Brasil.....	31
Figura 2 - Fluorômetro modulado Imaging-PAM (Heinz Walz Effeltrich, Germany) acoplado a notebook.....	37
Figura 3 - Valores climáticos mensais da área de estudo entre novembro 2012 e outubro de 2013 e médias anuais obtidas de 2005 até 2012.....	42
Figura 4 - Número de espécies arbóreas apresentando queda de folhas e brotação no Arboreto Botânico Fazenda Experimental Reginaldo Conde,Viana,ES.....	39
Figura 5 - Número de espécies arbóreas apresentando floração e frutificação ao longo do ano no Arboreto Botânico, Fazenda Experimental Reginaldo Conde,Viana,ES.....	39
Figura 6 - Fenogramas circulares de frequência relativa mensal representando o número de espécies em cada fenofase no arboreto botânico, fazenda experimental Eng° Agr. Reginaldo Conde, Jucuruaba, Viana, ES. Fenofases: A. Floração; B. Frutificação; C. Queda Foliar; D. Brotamento.....	45
Figura 7 - Floração das espécies do Arboreto. A) inflorescência de <i>Euterpe oleracea</i> - açazeiro, (B) flores e frutos de <i>Sebastiania commersoniana</i> - Branquinho, (C) flor de <i>Apeiba tibourbou</i> – Pau de Jangada e (D) inflorescência de <i>Archontophoenix cumminghamiana</i> - Palmeira Real.....	47
Figura 8 - Frutificação das espécies do Arboreto Botânico. (A) frutos de <i>Adenantha pavonina</i> - Falso Sândalo, (B) frutos maduros de <i>Apeiba tibourbou</i> – Pau de Jangada, (C) frutificação de <i>Hoveni aduicis</i> – Uva do Japão e (D) frutos de <i>Sebastiania commersoniana</i> - Branquinho.....	47
Figura 9 - Crescimento da Circunferência à Altura do Peito (CAP) e da altura no período de 12 meses das espécies sobreviventes, medições realizadas nos meses de novembro 2012 e novembro de 2013.....	54
Figura 10 - A - Crescimento da altura e B – crescimento da Circunferência à Altura do Peito (CAP) no período de 12 meses, nas 15 espécies mais representativas em crescimento, com maior ICC, medições realizadas nos meses de novembro de 2012 e novembro de 2013.....	55

Figura 11 - Histogramas de frequência mensal das 15 espécies arbóreas mais representativas em crescimento, com os maiores índices (ICC), em cada fenofase, no Arboreto Botânico. Sendo as cores: azul = floração, vermelho = frutificação, verde = queda foliar e roxo = brotação.....	61
Figura 12 - Histogramas circulares de frequência relativa mensal de espécies infestadas por pragas no arboreto botânico, fazenda experimental Eng° Agr. Reginaldo Conde, Jucuruaba, Viana, ES. A. número de espécies que sofreram infestação de algum grau na escala proposta neste trabalho; B. número de espécies que sofreram infestação severa, classificado como 3 ou maior.....	66
Figura 13 - Fotografia com destaque para a infestação severa de lagartas desfolhadoras em Araribá Amarelo – <i>Centrolobium microchaete</i> classificado com nota 4 da escala intervalar de 0 a 5.....	67
Figura 14 - Crescimento da altura e da circunferência à altura do peito (CAP) da espécie <i>Schizolobium amazonicum</i> no período de doze meses, nas condições edafoclimáticas da Fazenda experimental Eng° Agr. Reginaldo Conde, Jucuruaba, Viana, ES.....	70
Figura 15 – Histograma de frequência relativa mensal da espécie <i>Schizolobium amazonicum</i> em cada fenofase no arboreto botânico, fazenda experimental Eng° Agr. Reginaldo Conde, Jucuruaba, Viana, ES.....	70
Figura 16 - Caixotes fabricados a partir da madeira de Pinho Cuiabano . Fotografia tirada em setembro de 2013, os caixotes são usados para transporte de produtos em uma padaria de Vitória – ES.....	71
Figura 17 - (A) Parâmetros de fluorescência da clorofila a obtidos em folhas de <i>Schizolobium amazonicum</i> no período reprodutivo e no período vegetativo; imagens da fluorescência da clorofila a representando o rendimento quântico efetivo do FSII ( $Y_{II}$ ) no período reprodutivo (B) e período vegetativo (C); rendimento quântico da dissipação de energia não-fotoquímica, regulada, do FSII ( $Y_{NPQ}$ ) no período reprodutivo (D) e período vegetativo (E), rendimento quântico da dissipação de energia não-fotoquímica, não-regulada, no FSII ( $Y_{NO}$ ) no período reprodutivo (F) e no período vegetativo (G). ETR = taxa de transporte linear de elétrons. Desvio médio Padrão (<0.05; n = 10). A escala de cores abaixo das imagens de fluorescência corresponde a valores variando de 0 a 1, ou preta e púrpura, respectivamente.....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Recomendações de adubação para o estabelecimento de reflorestamentos mistos com espécies da Mata Atlântica.....	18
Tabela 2 - Ocorrência do pico de atividades fenológicas em espécies arbóreas, observadas em diferentes tipos de florestas do Brasil, ordenadas por precipitação pluviométrica.....	23
Tabela 3 - Resultados da análise química do solo da área experimental.....	40
Tabela 4- Correlação entre variáveis climáticas e as fenofases observadas.....	46
Tabela 5 - Índice Combinado de Crescimento (ICC) das espécies do Arboreto Botânico, aos nove anos de idade, sob Neossolo Flúvico, textura argilosa relevo plano, em ordem decrescente.....	50
Tabela 6- Parâmetros silviculturais das 15 espécies mais representativas em crescimento, apresentando maior ICC, aos 9 anos de idade sobre Neossolo Flúvico textura argilosa relevo plano.....	52
Tabela 7- Espécies nativas do Brasil que apresentaram adaptação funcional e estrutural às condições de solo e de clima da região de Mata Atlântica de Viana, mostrando-se como uma alternativa para recuperação da cobertura vegetal local. ....	56
Tabela 8 - Espécies exóticas que apresentaram adaptação funcional e estrutural às condições de solo e de clima da região de Mata Atlântica de Viana, mostrando-se como uma alternativa para recuperação da cobertura vegetal local, por meio da recomposição de áreas de reserva legal e áreas de preservação permanente.....	59
Tabela 9 - Espécies com infestação severa de pragas, com nota média igual ou superior a 3.....	68

## LISTA DE SÍMBOLOS

$Y_{II}$  - Rendimento quântico efetivo do FSII

$Y_{NPQ}$  - Rendimento quântico de dissipação de energia regulada em FSII

$Y_{NO}$  - Proporção de rendimento quântico de energia dissipada regulada e não-regulada de no FSII, que está relacionada com a capacidade de fotoproteção do aparelho fotossintético.

$\rho$  - (Rho) Coeficiente de correlação de postos de Spearman

$F_v/F_m$  - Rendimento quântico máximo do PSII medido no estado de adaptação ao escuro

$F_0$  - Fluorescência inicial após o início da iluminação actínica.

$F_m$  - Fluorescência máxima (quando todos os CRs do FSII estão fechados – igual a  $F_P$  quando a intensidade de luz actínica é acima de  $500 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , desde que todos os CRs estejam ativos com  $Q_A$  reduzida)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
2.1 REMANESCENTES FLORESTAIS NATIVOS NA PROPRIEDADE AGRÍCOLA.....	15
<b>2.1.1 Exigências nutricionais das espécies nativas</b> .....	17
2.2 FENOLOGIA.....	20
2.3 CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS.....	25
2.4 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA .....	26
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	29
3.1 OBJETIVO GERAL.....	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	30
4.1 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO .....	30
4.2 ÁREA DE ESTUDO .....	32
4.3 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES.....	32
4.4 FENOLOGIA DAS ESPÉCIES.....	32
<b>4.4.1 Eventos Fenológicos</b> .....	33
<b>4.4.2 Índice Combinado de Crescimento</b> .....	34
<b>4.4.3 Avaliação do crescimento</b> .....	34
4.5 ANÁLISES DA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA .....	34
<b>4.5.1 Fluorescência da Clorofila</b> .....	35
4.6 DADOS METEOROLÓGICOS.....	37
4.7 OBSERVAÇÕES FITOSSANITÁRIAS.....	37
4.8 ANÁLISE DOS DADOS .....	38
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	39
5.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO .....	39
5.2 TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO.....	41
5.3 FENOLOGIA DO CRESCIMENTO .....	43
<b>5.3.1. Espécies de maior representatividade</b> .....	60
<b>5.3.2 Senescência e brotação</b> .....	62
<b>5.3.3 Floração</b> .....	64
<b>5.3.4 Frutificação</b> .....	65
5.4 INFESTAÇÃO DE PRAGAS.....	66
5.5 ANÁLISES FOTOSSINTÉTICAS E FENOLÓGICAS.....	68
<b>5.5.1 Seleção da espécie para análise fisiológica</b> .....	69
<b>5.5.2 Fluorescência da Clorofila</b> .....	71
<b>6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	76
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	78

## 1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2009) alertou para a necessidade de aumentar a produção mundial de alimentos em 70% até 2050 por conta do crescimento da população. No ano em questão, estima-se que haverá 2,3 bilhões de pessoas a mais do que hoje para se alimentar. A FAO avalia que mais de 120 milhões de hectares de terra serão necessários para suprir as necessidades, porém acredita que boa parte da produção de alimentos deverá ser por meio do aumento da produtividade das áreas já cultivadas, principalmente das regiões tropicais (EMBRAPA, 2010).

Basta uma análise do cenário atual dos imóveis agrícolas brasileiros, para se ter idéia da forma como foi feita a exploração da cobertura florestal nativa, que é muito semelhante em todo o mundo. Desde que o homem aprendeu a cultivar os alimentos, a cobertura vegetal nativa dos solos passou a ser substituída por plantas de interesse econômico, e essa substituição contínua e ininterrupta durante milhares de anos, já consumiu mais de 40% da cobertura florestal nativa do planeta, segundo fontes ambientalistas, e a demanda por esse recurso só aumenta a cada ano. O crescente aumento populacional e a demanda por madeira e por novas áreas para exploração agrícola, um dia, poderiam eliminar toda a cobertura florestal nativa da terra. Porém, dos recursos naturais disponíveis no planeta para uso humano, as árvores estão dentre aqueles renováveis e podem voltar a existir nos espaços antes ocupados por elas em um intervalo de tempo relativamente curto, seja com a finalidade de preservação ambiental ou para uso comercial. A importância desse recurso para o homem é inestimável e o conhecimento para administra-lo corretamente deve ser estimulado. O uso de espécies arbóreas para reflorestamento de áreas de reserva legal e preservação permanente constitui uma forma de contribuição para diminuir a pressão sob os pequenos fragmentos florestais nativos e ajudar na preservação de áreas de interesse.

A fenologia estuda a ocorrência de eventos biológicos repetitivos e sua relação com mudanças no ambiente biótico e abiótico (MORELLATO, 1987). Os estudos da fenologia contribuem no entendimento da regeneração e reprodução das plantas (TALORA; MORELLATO, 2000), pois o período reprodutivo é uma fase importante

para a dinâmica das populações e para a própria sobrevivência das espécies (MANTOVANI et al., 2003), e uma vez que as funções fenológicas são mantidas em padrões ótimos, os vegetais apresentam bom crescimento e desenvolvimento. Embora os estudos fenológicos sejam importantes, poucos são os trabalhos com este enfoque desenvolvidos no Brasil. Um dos trabalhos mais completos desenvolvidos em ecossistemas brasileiros foi o de Morellato (1991). Conforme Macedo et al. (1999a), a análise do estabelecimento e crescimento de espécies arbóreas podem ser um bom indicativo da adaptação de uma espécie a um determinado sítio e região.

Entretanto, todos os processos que envolvem crescimento, desenvolvimento, floração, frutificação e senescência nos vegetais, é dependente do processo de fotossíntese e da eficiência que este processo tem na produção de fotoassimilados. A fotossíntese é responsável direta ou indiretamente por toda a vida no planeta, com exceção das bactérias quimio-autotróficas (KERBAUY, 2004). O estudo da eficiência fotossintética é uma importante ferramenta para avaliar se o aparato fotossintético é capaz de dar condições para o estabelecimento dos vegetais em um determinado local e um dos métodos mais amplamente utilizados para isso é a fluorescência da clorofila, pois esse método avalia a atividade do fotossistema II, que é um importante alvo de estresses abióticos (GUIDI; DEGL'INNOCENTI, 2011).

O presente trabalho tem como foco principal conhecer os padrões fenológicos e sua relação com fatores bióticos e abióticos, para melhor compreensão das interações e da dinâmica do ecossistema em estudo, podendo contribuir com informações que auxiliarão na escolha de espécies arbóreas com potencial para revegetação de áreas de interesse. Deste modo, espera-se testar a hipótese de que espécies originárias de outros biomas brasileiros (Cerrado e Amazônia) e de biomas estrangeiros, possam se adaptar bem às condições de clima e solo de região de Mata Atlântica, mantendo suas funções fenológicas em padrões que permitam o seu bom crescimento e desenvolvimento.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 REMANESCENTES FLORESTAIS NATIVOS NA PROPRIEDADE AGRÍCOLA

As plantas arbóreas nativas do território brasileiro possuem uma forte ligação com a história e o desenvolvimento econômico e social do país. A mais remota e importante relação é com o próprio nome da nação “Brasil”, que foi emprestado da árvore conhecida popularmente como “pau-brasil” e denominada cientificamente de *Caesalpinia echinata*. Lam (LORENZI, 2002).

O Brasil possui a flora arbórea mais diversificada do mundo (LORENZI, 2002). As matas nativas tem um papel fundamental no ciclo hidrológico, pois absorvem o excesso de água das chuvas que eventualmente escorrem pela superfície dos solos, evitando que cheguem até os córregos e rios, dessa forma a água é devolvida a atmosfera pela transpiração das árvores, formando novas chuvas (LORENZI, 2002).

A falta de direcionamento técnico e conscientização ecológica na exploração de nossos recursos florestais tem acarretado prejuízos irreparáveis. Espécies de grande valor estão em vias de se extinguirem, assim como os representantes da fauna que dependem dessas espécies estão também condenados (LORENZI, 2002).

Duboc (2005) cita como exemplo as formações nativas do cerrado brasileiro que sofrem intensa degradação, seja pela ação direta do homem, suprimindo a vegetação para implantação de culturas agrícolas e pastagens ou ainda para retirada de madeira, mas principalmente pelo desconhecimento e pequena valorização do potencial econômico do cerrado, além do descumprimento da legislação ambiental. Dessa maneira observa-se que existem diversos estágios de degradação da vegetação nativa, desde a sua completa ausência até formações secundárias extremamente degradadas. Esses estágios de degradação aliados a fatores como: uso em desacordo com a aptidão, ausência de conservação de solo, presença de gramíneas exóticas, alterações das condições físicas, químicas e biológicas dos solos, inadequação de alocação de estradas e carreadores, inexistência em muitas propriedades de locais apropriados para fornecimento de

água ao gado, além da contaminação doméstica, industrial e agropecuária dos mananciais, contribuem para a baixa resiliência do ambiente.

Quando o ecossistema de uma área desmatada apresenta baixa resiliência, o retorno ao estado anterior, através da sucessão vegetal, pode não ocorrer ou ser extremamente lento, persistindo as condições propícias à degradação ambiental (DUBOC, 2005). Para Lorenzi (2002), a sucessão secundária pode demorar de 30 a 60 anos para acontecer, se houver florestas próximas como fonte de sementes. Do contrário pode demorar muito mais.

Duboc (2005) diz que uma opção para recuperação baseia-se no uso de mudas para revegetação, visando acelerar o processo de sucessão secundária. Todavia, solos degradados apresentam limitações quanto à acidez e à fertilidade, e são poucos os estudos quanto às necessidades nutricionais das espécies nativas, em especial sobre a adubação em campo.

Mesmo entendimento encontramos quando consultamos Lorenzi (2002), que cita como objetivo principal do plantio de espécies nativas a aceleração do processo de sucessão secundária, reduzindo o tempo necessário para a formação de uma mata densa para apenas 10-15 anos. Em alguns casos em solos de alta fertilidade tem-se atingido esse objetivo em menos de 10 anos.

Além das condições do solo e da resiliência do ambiente, o estabelecimento de mudas depende de sua capacidade de alcançar as primeiras camadas de solo permanentemente úmidas, abaixo da zona de crescimento das raízes das gramíneas (FRANCO 2000, apud DUBOC 2005, p. 05).

A adequação química e física do solo ou substrato e a seleção de espécies adequadas para a revegetação de áreas é muitas vezes requerida para cada situação. O nível adequado de fertilização depende da espécie utilizada e de características específicas de cada sítio e, em situações emergenciais, possibilita o rápido estabelecimento da vegetação, permitindo inclusive o estabelecimento de outras espécies (OLIVEIRA NETO et al 1997 apud DUBOC 2005, p. 05).

### 2.1.1 Exigências nutricionais das espécies nativas

Os primeiros estudos sobre nutrição mineral de plantas datam do século IV antes de Cristo com Aristóteles, com a teoria humística, que pregava a idéia de que as plantas se alimentavam de húmus. Embora as pesquisas e estudos continuassem ao longo dos séculos XVI e XVII, foi durante os séculos XVIII e XIX que as grandes contribuições para o tema apareceram, ajudando a desvendar os enigmas por trás da sobrevivência das plantas (KERBAUY, 2004).

Com o passar dos anos e com o avanço das técnicas analíticas, foram sendo descobertos a importância e a essencialidade dos elementos minerais na nutrição de plantas superiores, chegando ao ponto de serem listados, atualmente, 14 elementos minerais ditos essenciais ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Para Kerbauy (2004), é definido como elemento essencial aquele cuja importância é tão grande, que a planta não conseguiria completar seu ciclo de vida sem ele, além do que não poderia ser substituído e estaria envolvido diretamente no metabolismo, constituindo uma enzima e envolvido em processos enzimáticos.

Sabendo-se que os nutrientes são constituintes de moléculas de enzimas e que as enzimas estão intimamente ligadas ao metabolismo de compostos orgânicos, como proteínas e ácidos nucléicos, fica clara a importância dos macro e micronutrientes no processo de fotossíntese, uma vez que proteínas, ácidos nucléicos, entre outros compostos são produtos da mesma. Tão grande é a importância que o meristema apical das raízes de algumas plantas produz  $5 \times 10^5$  células por dia, pois quanto mais rapidamente a plântula conseguir desenvolver suas raízes e parte aérea, mais rápido ela obterá água e nutrientes e começará a fotossintetizar (ALBERTS et al. 2008).

Sendo os vegetais privados de movimento e tendo em vista a demanda por nutrientes minerais, é necessário que os mesmos estejam adaptados para obter sucesso em seu estabelecimento e desenvolvimento. A importância dos nutrientes é tão grande que, à medida em que a célula vegetal entra em senescência, enzimas de degradação entram no citoplasma celular e auxiliam na reciclagem de nutrientes

valiosos, realocando esses recursos para as partes vivas da planta (TAIZ et al., 1991).

Depois que a planta começa a fotossintetizar, alguns elementos minerais são indispensáveis ao processo de fixação de carbono e produção de carboidratos, como é o caso do fósforo, que está envolvido diretamente em processos metabólicos vitais, como o ciclo de Calvin (ALBERTS et al., 2008). Para Kerbauy (2004) uma quantidade de fósforo aquém das necessidades da espécie pode interferir na formação dos órgãos reprodutivos e conseqüentemente no número de flores.

Gonçalves (1995) apresentou recomendações de adubação para espécies típicas da Mata Atlântica sugerindo as quantidades totais de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas para o estabelecimento de reflorestamentos mistos com espécies desse domínio (Tabela 1).

Para evitar perda de nutrientes por volatilização, lixiviação, imobilização e erosão, Gonçalves (1995) recomendou que a adubação fosse feita de forma parcelada, parte por ocasião do plantio e, o restante, em cobertura.

Tabela 1 - Recomendações de adubação para o estabelecimento de reflorestamentos mistos com espécies da Mata Atlântica.

Quantidade no solo	Nitrogênio	P resina (mg/dm <sup>3</sup> )*			K trocável (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )**		
		0-5	6-12	>12	0-0,7	0,8-1,5	>1,5
Quantidade a aplicar por ha	N(kg ha <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )			K <sub>2</sub> O (Kg ha <sup>-1</sup> )		
	50	80	60	0	60	30	0

Fonte: Gonçalves (1995)

\*1 mg/dm<sup>3</sup> = 1µg/cm<sup>3</sup>

\*\*10 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> = 1 meq/100 cm<sup>3</sup>

Segundo Gonçalves (1995), a aplicação de micronutrientes é recomendada por ocasião do plantio, principalmente, B e Zn. Estes nutrientes podem ser aplicados conjuntamente com o N, P e K, através de formulações de adubos que contenham 0,3% de B e 0,5% de Zn, ou então, aplicar 10 g de FTE ("Fritas") por planta no ato do plantio.

No trabalho de Duboc (2005), a sobrevivência média das espécies secundárias na Mata de Galeria foi afetada pela adubação nitrogenada. Já no Cerrado denso, independente do estágio sucessional, a adubação com fósforo ou com nitrogênio não exerceu influência sobre a sobrevivência das espécies, assim como na Mata de Galeria quando adubada com fósforo.

Furtini Neto et al (1999), em um estudo para avaliar a acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de espécies arbóreas, na fase de muda, concluíram que o alumínio limitou sensivelmente o crescimento de todas as espécies estudadas, enquanto a calagem favoreceu o crescimento em altura, diâmetro e produção de biomassa, sendo que a maior produção de matéria seca, quando se elevou o pH do solo, foi provavelmente devida ao aumento da disponibilidade do fósforo aplicado e à redução na atividade do alumínio.

De acordo com da Cunha et al (2009), qualquer nutriente envolvido nos processos metabólicos da planta associados à desdiferenciação e formação do meristema radicular é essencial para a iniciação radicular. Nessa linha de raciocínio, pode-se inferir sobre a necessidade de N, P, K, Mg, S, B, Zn e Mo, tendo em vista o papel destes nutrientes na síntese de proteínas e ácidos nucleicos. Além disso evidências diretas ou indiretas indicam que Ca, Fe, Cu e Mn também são importantes na fase de indução. Durante a fase de formação, Ca, Fe, Cu, B, Mn e Zn são nutrientes que apresentam papel de extrema relevância, pois participam da formação de parede celular, lignificação e alongamento da parede celular, processos imprescindíveis para que ocorra o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular.

## 2.2 FENOLOGIA

Toda a energia química gerada pela fotossíntese é destinada à manutenção das partes vivas da planta. Na maioria dos vegetais a principal forma de transporte dos fotoassimilados é a sacarose, sendo que algumas plantas armazenam o excesso em forma de amido, existindo aquelas que também armazenam a sobra de fotoassimilados na forma de sacarose (KERBAUY, 2004).

Os principais drenos dos fotoassimilados, de acordo com Kerbauy (2004), são as folhas imaturas, o metabolismo do nitrogênio e o metabolismo respiratório. Grande parte dos fotoassimilados é retida nas folhas jovens para formação de sua estrutura celular, sendo possível importar fotoassimilados de outras partes para completar esse processo, porém quando as folhas amadurecem o processo se inverte e as folhas começam a ser produtoras de fotoassimilados e passam então a exportá-los.

Toda essa energia fabricada pelo processo fotossintético irá fornecer matéria prima para produção e manutenção de biomassa, floração, frutificação, produção de sementes e crescimento de novos ramos e folhas (KERBAUY, 2004).

O crescimento e desenvolvimento das plantas pode estar relacionado, entre outros fatores, com a eficiência fotossintética e a produção de fotoassimilados. O sucesso para o estabelecimento de uma espécie arbórea em uma determinada área pode ser consequência de um aparato fotossintético que funcione adequadamente e também de condições ambientais favoráveis.

De acordo com Alberts et al. (2008), o desenvolvimento das plantas está condicionado a estímulos ambientais e não pode ser geneticamente programado, sendo inteiramente dependente do fator ambiental, como é o caso da germinação, que está condicionada a presença de luz. Portanto os fatores ambientais são de grande importância para o estabelecimento das espécies em um determinado sítio.

Na maior parte dos trabalhos realizados em florestas tropicais observa-se que os eventos fenológicos de espécies arbóreas, na maioria dos casos, são sazonais. Isso é mais evidente quando as florestas estão sujeitas a uma forte estacionalidade

climática (MACHADO et al. 1997)(Tabela 2). Entretanto os padrões fenológicos estão sujeitos a vários fatores internos ou externos que podem caracterizá-los.

Nos últimos anos, houve um maior interesse no desenvolvimento de trabalhos abordando a fenologia de florestas neotropicais (FOURNIER; SALAS, 1966; JANZEN, 1967; MORELLATO; LEITÃO FILHO, 1990, 1991, 1996; MORELLATO et al., 1989, 1990; BATALHA; MANTOVANI, 2000; CARMO; MORELLATO 2000; MORELLATO et al., 2000; TALORA; MORELLATO, 2000). Um dos trabalhos que mais contribuiu no entendimento dos eventos fenológicos e muito utilizado como referência em outros artigos é o de Gentry (1974), no qual o autor criou uma classificação e descreveu tipos de floração para espécies tropicais de Bignoniaceae em relação ao sistema de polinização. Neste trabalho, o autor incorporou uma mistura de critérios individuais de amplitude das florações, épocas, duração e nível de sincronia de uma população. Um trabalho mais recente, estabelecendo uma nova classificação para a fenologia da floração de plantas tropicais, é o de Newstrom et al.(1994), no qual os autores distinguiram quatro classes básicas: contínua, subanual, anual e supranual, baseados na frequência de floração dos ciclos anuais.

O registro sistemático da variação das características fenológicas reúne informações sobre o estabelecimento e dinâmica das espécies, período de crescimento vegetativo, período reprodutivo (floração e frutificação), alocação de recursos para polinizadores e dispersores e uma melhor compreensão das cadeias alimentares disponíveis para a fauna (FOURNIER, 1976; FRANKIE et al., 1974; MORELLATO; LEITÃO FILHO, 1990; MORELLATO, 1991).

Scarano e Zamith (2003) observaram que para o registro dos períodos de frutificação era necessário considerar os vários indivíduos das diversas populações nas diferentes áreas de estudo, não sendo acompanhados necessariamente os mesmos indivíduos, conforme sugerem Morellato e Leitão-Filho (1996). Este método é indicado quando algumas espécies não têm padrões de sincronidade de floração e frutificação (JUSTINIANO; FREDERICKSEN 2000), caso de algumas espécies ocorrentes nas Restingas. No trabalho de Scarano e Zamith (2003) cada observação de frutificação de uma espécie em determinado mês, em determinado ano, em qualquer uma das áreas, foi considerada como um evento de frutificação.

Os padrões de floração, frutificação e queda e produção de folhas que ocorrem em ciclos anuais na maior parte das formações vegetais do mundo estão entre os aspectos mais marcantes da história natural (PRIMACK, 1985). Estudos fenológicos em florestas tropicais frequentemente focalizam árvores dos estratos superiores, pertencentes a grupos taxonômicos heterogêneos, discutindo como os padrões fenológicos reprodutivos e vegetativos estão relacionados com sazonalidade climática e interações ecológicas (FRANKIE et al., 1974; OPLER et al., 1976, 1980; SCHAIK et al., 1993; MORELLATO et al., 2000).

Tabela 2 - Ocorrência do pico de atividades fenológicas em espécies arbóreas, observadas em diferentes tipos de florestas do Brasil, ordenadas por precipitação pluviométrica.

Tipos de Floresta/precipitação	Floração	Frutificação	Queda de Folhas	Brotamento	Modo de Dispersão	Deciduidade
Floresta de planície litorânea Serra do Mar- São Paulo Precipitação Anual=2600mm Talora; Morellato 2000	Estação Úmida	Ano todo	Ano todo	Estação úmida	Zoocórica (87%)	91% de espécies perenifólias (n=46 espécies)
Floresta úmida de terra firme da Amazônia central Precipitação anual= 2300 mm Alencar et al 1979	Estação seca	Estação úmida	Estação seca	Estação seca	_____	60% de espécies perenifólias (n=27 espécies)
Mata higrófila Ilhéus – Bahia Precipitação anual =1847 mm Mori et al 1982	Estação seca	Ano todo	Estação seca	Estação seca	_____	_____
Cerrado Santa Rita do Passa Quatro São Paulo Precipitação anual=1500 mm Batalha; Mantovani 2000	Estação úmida	Estação úmida	_____	_____	Zoocórica 72%	(n=108 espécies)
Cerrado (arbustivo-arbóreo) Reserva Biológica Moji Guaçu São Paulo Precipitação anual=1375 mm Mantovani; Martins 1988	Estação seca	Estação úmida	Estação seca	Estação úmida	Zoocórica 54%	_____
Floresta semidecídua Santa Genebra – São Paulo Precipitação anual=1375 mm Morellato 1991	Estação úmida	Final de estação seca	Estação seca	Estação úmida	Zoocórica 56%	42% das espécies decíduas e 13% semidecíduas (n=124 espécies)
Floresta de altitude Serra do Japi – São Paulo Precipitação anual =1355 mm Morellato; Leitão Filho 1990	Estações seca e úmida	Estação úmida	Estação seca	Estação úmida	Zoocórica (69%)	21% das espécies decíduas e 32% semidecíduas (n=28 espécies)
Floresta mesófila semidecídua Serra do Japi – São Paulo Precipitação anual=1355 mm Morellato; Leitão Filho 1990	Estações de transição	Estações seca e úmida	Estação seca	Estação úmida	Zoocórica (70%)	50% das espécies decíduas e 18% semidecíduas (n=16 espécies)
Floresta de altitude Brejo dos Cavalos-Pernambuco Precipitação anual= 1300 mm Locatelli et al 1997	Estação seca	Final da estação seca	Estação seca	Estação úmida	Zoocórica (66%)	60% de espécies semidecíduas e 30% perenifólias (n=58 espécies)
Caatinga Pernambuco Precipitação anual = 800 mm Machado et al. 1997	Estação seca	Estação úmida	Estação seca	Estação úmida	Autocórica (42%)	(n=19 espécies)

Fonte: Machado et al (1997)

Em seu trabalho, Bencke e Morellato (2002) compararam dois métodos de avaliação da fenologia: o primeiro, índice de intensidade de Fournier, método proposto por Fournier (1974), em que os valores obtidos em campo através de uma escala intervalar semi-quantitativa de cinco categorias (0 a 4) e intervalo de 25% entre cada categoria, permitem estimar a porcentagem de intensidade da fenofase em cada indivíduo. Em cada mês, faz-se a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos de cada espécie e divide-se pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por quatro). O valor obtido, que corresponde a uma proporção, é então multiplicado por 100, para transformá-lo em um valor percentual.

O outro método é o índice de atividade (ou porcentagem de indivíduos), método mais simples, no qual é constatada somente a presença ou ausência da fenofase no indivíduo, não estimando intensidade ou quantidade. Esse método de análise tem caráter quantitativo em nível populacional, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico. Este método também estima a sincronia entre os indivíduos de uma população, levando-se em conta que quanto maior o número de indivíduos manifestando a fenofase ao mesmo tempo, maior é a sincronia desta população.

A análise dos dois diferentes métodos de avaliação de dados fenológicos, realizada no estudo de Bencke e Morellato (2002), indicou que estes métodos fornecem informações distintas e complementares sobre o comportamento fenológico em amostras populacionais e que a associação do período de atividade aos níveis de intensidade de uma fenofase, além de facilitar a análise e a interpretação do comportamento fenológico da espécie, pode representar um importante papel nas pesquisas sobre interações animal-planta, pois combina informações de sincronia e quantidade. Sendo assim, os autores sugerem conjugar os dois métodos de avaliação para interpretar e representar os dados.

Locatelli e Machado (2001), em seu estudo sobre a fenologia de uma mata serrana no agreste de Pernambuco, destacam a influência das variáveis climáticas sobre a formação da vegetação nativa, mostrando que na mesma localização geográfica coexistem formações florestais distintas, com diferentes exigências nutricionais e pluviométricas, como no caso dos brejos de altitude (mata serrana) caracterizados

por espécies perenifólias ou subperenifólias que recobrem os vertentes da serra, circundados pela vegetação xerófila da caatinga, nas altitudes inferiores. Isso ocorre apenas pelo fato da diferença do regime pluviométrico e a altitude, que selecionam as espécies mais adaptadas à condição climática a que se encontram, influenciando diretamente na paisagem.

Talora e Morelatto (2000), em seu estudo sobre fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil, encontraram 90% das espécies comportando-se como perenifólias, com a floração e brotamento ocorrendo nos meses mais chuvosos e a frutificação manifestando-se ao longo do ano. Mostrou-se que a floresta de planície tem padrões fenológicos pouco sazonais, bastante distintos dos observados para as florestas semidecíduas do interior do estado de São Paulo, concluindo que os eventos climatológicos, principalmente o regime hídrico de uma determinada região, influenciam diretamente o comportamento adaptativo das espécies.

### 2.3 CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS

A grande massa arbórea que forma as florestas tropicais nativas é um recurso natural, cujo uso, pautado na sustentabilidade, ainda é um desafio para a ciência agrária, pois trata-se de um ambiente complexo, que pode ser facilmente desestabilizado se houver uma perturbação intensa, como é o caso da conversão desse ambiente em áreas agricultáveis, o que provoca mudanças irreversíveis.

As espécies de plantas tropicais têm sido classificadas de diversas maneiras quanto ao seu comportamento na dinâmica de sucessão. A dinâmica sucessional na floresta como um todo pode ser representada por um processo contínuo de abertura-recobrimento-fechamento-abertura de clareiras (BARTON, 1984; apud MACIEL et al, 2003, p.70). Para efeito didático, entretanto, considera-se que este processo se inicia com a abertura de uma clareira, que é uma descontinuidade de tamanhos variados que se projeta do dossel até o solo da floresta, provocada principalmente pela queda de um galho de uma ou várias árvores (MACIEL et al, 2003).

Viana (1989, apud MACIEL et al, 2003, p.73) apresentou uma classificação em que constam quatro categorias: Heliófilas, cujas sementes requerem clareiras para germinar, e as plântulas não sobrevivem sob sombra; Oportunistas de clareiras, cujas sementes não precisam de clareiras para germinar, e as plântulas sobrevivem apenas na sombra; Tolerantes à sombra, cujas sementes germinam à sombra e as plântulas crescem só até o estágio pré-reprodutivo; e Reprodutoras em sombra, cujas sementes germinam na sombra, onde se reproduzem e os indivíduos reproduzidos vivem nesta condição.

Budowski (1965) com base em vinte e uma características das espécies que compõe o ecossistema de florestas tropicais propôs classifica-las em pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímaxes. As espécies pioneiras teriam um papel de recobrir rapidamente o solo; as clímaxes cresceriam à sombra das pioneiras; e as secundárias necessitariam de um estímulo para crescer ou de um tutoramento.

Maciel et al. (2003) concluíram que o processo sucessional em florestas tropicais úmidas depende, fundamentalmente, da formação de clareiras, o que torna mais intensa a chegada de luz até o solo da floresta; e que as classificações ecológicas feitas pelos diversos autores representam uma simplificação muito grande dentro do amplo gradiente de comportamento das espécies de florestas tropicais, não sendo, portanto, possível adotá-las como padrão.

## 2.4 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA

A Fluorescência da Clorofila é uma importante ferramenta para estudos da eficiência fotossintética em plantas e algas. Seu uso é amplamente disseminado por não causar danos ao tecido vegetal durante as análises, permitindo que o estudo seja realizado em tecidos vivos. A fluorescência da clorofila estima a atividade do fotossistema II (FSII), que é um importante alvo de estresses abióticos (BAKER, 2008; BAKER; ROSENQVIST, 2004; CHAERLE; VAN DER STRAETEN, 2001; WOO ET AL. 2008, apud GUIDI; DEGL'INNOCENTI, 2011).

De acordo com Kerbauy (2004), os estados excitados da clorofila têm um tempo de existência muito curto. Nessa breve fração de tempo, os elétrons retornam ao estado basal dissipando a energia absorvida e essa energia pode ser dissipada de vários modos. Além da liberação de energia na forma de calor, essa dissipação de energia pode se dar por emissão de luz, que é o mesmo que fluorescência. No caso de clorofilas, o pico de emissão de luz fluorescente situa-se na banda do vermelho, independentemente do comprimento de onda que tenha excitado as moléculas de clorofila. A absorção de luz e emissão de fluorescência ocorrem em frações de segundos. Outro processo é a transferência de energia de excitação para outras moléculas, permitindo a migração de energia entre pigmentos. Também existe o processo de oxirredução, que é a dissipação de energia em reações em que o elétron excitado é doado a uma molécula receptora, ocorrendo nos centros de reação. No entanto, quando as plantas sofrem diferentes tipos de estresse que afetam a fotossíntese, a emissão de fluorescência nas folhas tende a aumentar, o que pode ser detectado no laboratório ou no campo através da utilização de um equipamento sensível denominado espectrômetro de fluorescência (KERBAUY, 2004).

A energia absorvida pelas moléculas de clorofila que não é convertida em energia fotoquímica é dissipada por mecanismos que contribuem para a diminuição do estado excitado da molécula de clorofila. Qualquer aumento na taxa de um desses processos aumenta a sua parte do processo de decaimento e diminui o rendimento de fluorescência. Todos os processos que diminuem o rendimento da fluorescência da clorofila são definidos como *quenching* (GUIDI; DEGL'INNOCENTI, 2011).

Ainda segundo Guidi e Degl'innocenti (2011) existem dois tipos de mecanismos de *quenching*. A presença de luz provoca a ativação de enzimas envolvidas na assimilação de CO<sub>2</sub> e a abertura estomática, determinando que os elétrons sejam transferidos para longe do FSII. Esse fenômeno é chamado de *quenching* fotoquímico, q<sub>P</sub>. Ao mesmo tempo, há um aumento na conversão da energia luminosa em calor, denominado *quenching* não fotoquímico, q<sub>PN</sub>.

Dos Anjos et al. (2012) testaram a susceptibilidade e capacidade de aclimatação em cinco espécies florestais arbóreas nativas da floresta tropical brasileira, pertencentes

a diferentes grupos de sucessão ecológica (tolerantes a sombra e as exigentes em luz) sob condições de irradiação solar controlada.

Os efeitos do processo de aclimação e do súbito aumento na radiação solar sobre a atividade fotossintética das plantas transferidas foram acompanhados durante 30 dias de análise através da fluorescência da clorofila. Foi observado que as espécies transferidas da sombra para o sol pleno, apresentaram decréscimo do rendimento quântico efetivo do fotossistema II ( $Y_{II}$ ), com conseqüente aumento do rendimento do *quenching* não fotoquímico ( $Y_{NPQ}$ ), quando comparadas com as plantas controle. Foi avaliado também como se deu a recuperação dessas espécies ao longo dos 30 dias depois da transferência.

Com destaque para a espécie *Schinus terebinthifolia* (Aroeira), observou-se que as espécies exigentes em luz apresentaram maior habilidade em ajustar seu aparato fotossintético à nova condição de luz e recuperar a eficiência fotoquímica mesmo após 30 dias de transferência, com algumas espécies demonstrando um rendimento quântico efetivo do fotossistema II abaixo do rendimento apresentado pelas plantas controle a pleno sol. Ao contrário do observado com espécies tolerantes à sombra, as quais mostraram aumento significativo desse parâmetro ao longo do experimento, a espécie *Hymenaea courbaril* (Jatobá), em especial, iniciou sua recuperação poucos dias após a transferência e se manteve com  $Y_{II}$  significativamente maior do que as plantas controle a pleno sol. Porém esse fato indica que as espécies tolerantes a sombra mostraram estar menos protegidas dos perigos causados pelo excesso de luminosidade, pois os valores de  $Y_{NPQ}$  para essas espécies diminuíram ao longo do experimento. Isso mostra que havia menor conversão de energia luminosa em calor à medida que os dias passavam, provocando aumento do estado excitado da clorofila, aumento da fluorescência da mesma e expondo a planta ao risco de danos ao FSII.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a adaptação, o crescimento e os padrões fenológicos de espécies florestais arbóreas do domínio Mata Atlântica e de outros domínios, nas condições edafoclimáticas de Viana-ES, bem como o aparato fotossintético da espécie com maior crescimento.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- avaliar o crescimento das árvores, a partir das medições de altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e taxa de sobrevivência;
- calcular o ICC (Índice Combinado de Crescimento), que será obtido por plantas vivas (%) x altura média (m) x DAP médio (m), organizando em ordem decrescente de ICC, as espécies avaliadas;
- realizar avaliações fenológicas determinadas pelo percentual de intensidade de Fournier e do índice de atividade (ou porcentagem de indivíduos);
- avaliar o aparato fotossintético da espécie que demonstrar maior crescimento;
- selecionar as espécies mais adaptadas com potencial para serem utilizadas em programas de reflorestamento local;

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO**

Foram coletadas amostras de solo (0-20 e 20-40 cm de profundidade) próximo às raízes das plantas. As amostras foram homogeneizadas e encaminhadas ao Laboratório de Solos do Incaper no Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Serrano – CRDR – CENTRO SERRANO rodovia BR 262, km 94 Aracê Domingos Martins/ES. A análise química do solo foi realizada conforme Abreu et al. (2006), sendo a classificação dada de acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Essa análise tem como objetivo ajudar na caracterização da área de estudo, fornecendo informações importantes a respeito das características edáficas do local.

### **4.2 ÁREA DE ESTUDO**

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Engenheiro Agrônomo Reginaldo Conde, situada na comunidade de Jucu, município de Viana – ES (coordenadas UTM, E - 345524, N - 7741039), onde se localiza o viveiro florestal de Jucuruaba/Incaper, situado a 22 km de distância da capital Vitória, microrregião metropolitana, de acordo com a divisão de gestão administrativa do Espírito Santo. Foram estudadas a ecofisiologia e os padrões fenológicos de espécies florestais arbóreas (nativas e exóticas) com idade de 9 (nove) anos.

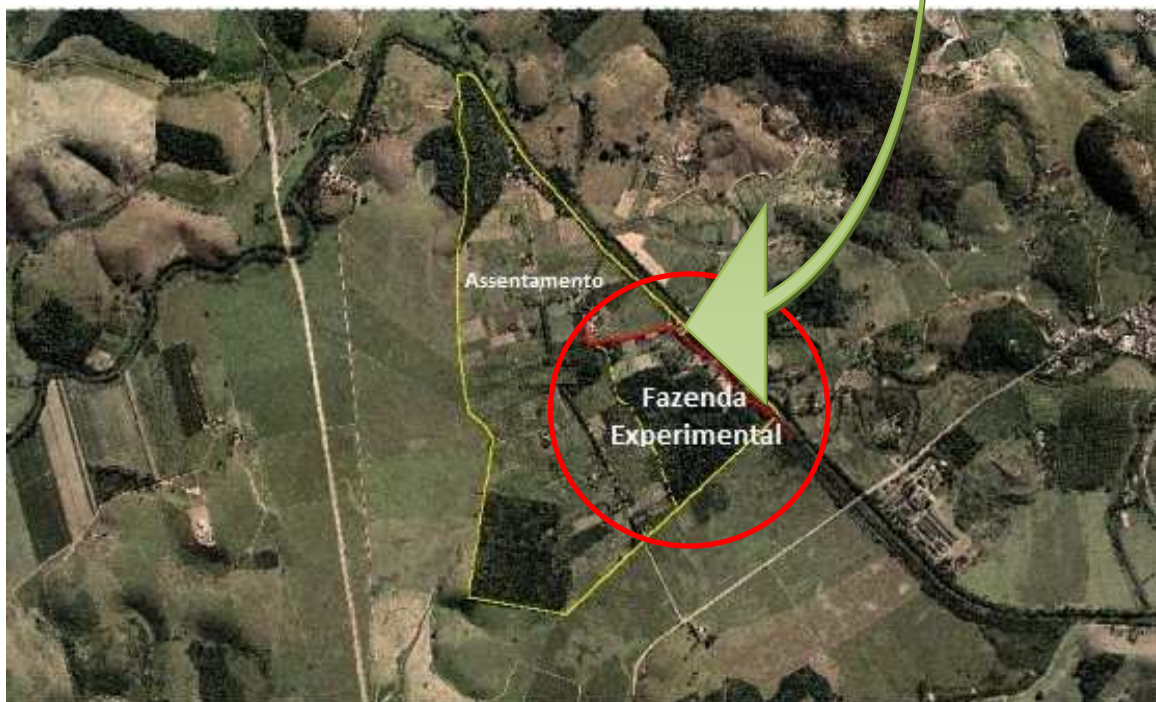
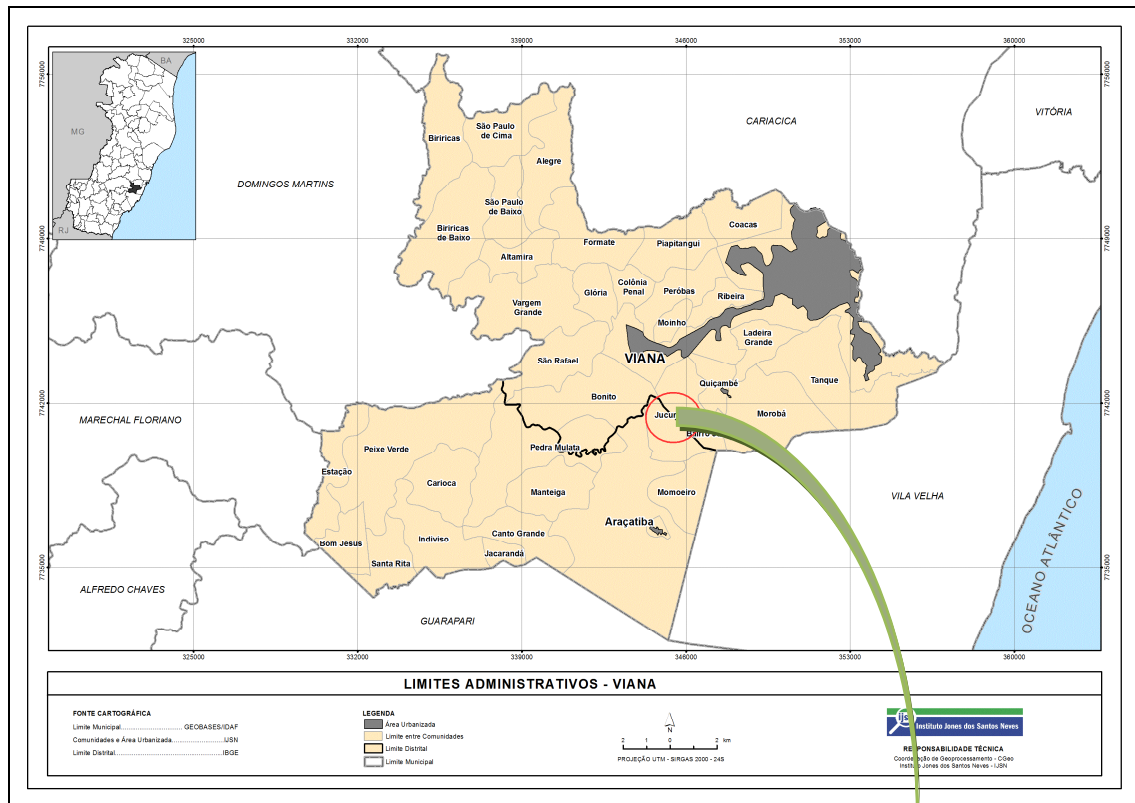


Figura 1 Localização geográfica da área de estudo na Fazenda Experimental Engº Agr. Reginaldo Conde, Viana, Espírito Santo – Brasil. (Fonte: Idaf 2014)

### 4.3 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

Foram estudadas 109 espécies arbóreas (Apêndice-A) pertencentes a 37 famílias botânicas e 82 gêneros, de diferentes biomas brasileiros e de biomas estrangeiros, que foram introduzidas em região do domínio Mata Atlântica, no município de Viana - ES.

As espécies florestais foram introduzidas em 1,0 ha, sendo plantadas 218 (duzentas e dezoito) mudas de 109 (cento e nove) espécies florestais diferentes. As mudas foram plantadas em covas no espaçamento de 5 x 5 m com tamanho de 40 x 40 x 40 cm em *one-tree-plot*, entre o mês de julho e agosto de 2004 e distribuídas em dois blocos. Todos os tratamentos culturais e adubação foram realizados para atender as exigências nutricionais das plantas, conforme análise de solo.

### 4.4 FENOLOGIA DAS ESPÉCIES

As coletas e observações fenológicas das espécies anuais, foram realizadas em intervalos mensais, no período de novembro de 2012 a novembro de 2013. A definição das fenofases foi semelhante à adotada por Morellato et al. (1989) e Morellato (1991). Foi considerado como período de floração aquele em que os indivíduos apresentarem flores em antese; como período de frutificação, quando as árvores apresentarem frutos verdes e/ou maduros; como brotamento, quando apresentarem o aparecimento de novas folhas até atingir  $\frac{3}{4}$  do tamanho das folhas adultas; e como queda de folhas, quando as mesmas mudaram de cor e caíram com facilidade. Os critérios utilizados para definição dos tipos de floração e frutificação foram: 1. PERIODICIDADE- repetição e regularidade dos ciclos fenológicos; 2. FREQUÊNCIA- número de ciclos por unidade de tempo; 3. DURAÇÃO- tempo passado em cada ciclo ou fase; 4. ÉPOCA- dia, mês ou estação do ano em que o evento ocorre; 5. SINCRONIA- ocorrência simultânea de um evento em particular em muitas ou todas as unidades consideradas.

Foram caracterizadas as estratégias de floração e frutificação das espécies, tomando-se por base aquelas propostas por Gentry (1974): 1. *Bat Flower*, em que o florescimento é contínuo ao longo do ano, geralmente com um pico de maior produção; 2. *Steady State*, em que as árvores produzem poucas flores a cada dia

por um período maior de tempo (geralmente um mês ou mais); 3. Cornucópia, na qual há grande produção de flores durante várias semanas, está associada a sazonalidade climática e atrai vários tipos de polinizadores; 4. *Big Bang*, em que ocorre uma floração em massa, durante um curto período de tempo (geralmente poucos dias), uma explosão de flores que atrai polinizadores oportunistas, em busca de alguma vantagem extra para conseguir néctar; 5. *Multiple Bang*, caracterizada por curtos períodos de floração, geralmente poucos dias, repetidamente ao longo do ano, e, como na estratégia *Big Bang*, o período em que há floração é caracterizado por uma grande produção de flores, embora neste caso ela ocorra três, quatro ou mais vezes durante o ano (GENTRY, 1974).

#### 4.4.1 Eventos Fenológicos

Foram avaliadas a intensidade e a ocorrência dos eventos fenológicos através de duas metodologias:

Percentual de intensidade de Fournier - Método proposto por Fournier (1975) que estima a intensidade de cada fenofase através de uma escala intervalar semi-quantitativa de cinco categorias (0 a 4), com intervalos de 25% entre cada uma delas: 0 (zero) = ausência de fenofase, 1 (um) = presença da fenofase com magnitude atingindo entre 1 a 25%, 2 (dois)= presença de fenofase com magnitude atingindo entre 26% a 50%, 3 (três)= presença de fenofase com magnitude atingindo entre 51% a 75% e 4 (quatro)= presença de fenofase com magnitude atingindo entre 76% a 100%.

No presente trabalho foi feita uma modificação na escala intervalar, que passou a ter seis categorias (0 a 5), sendo elas: zero = ausência de fenofase, 1 = presença da fenofase com magnitude atingindo entre 1 e 10%, 2 = presença da fenofase com magnitude atingindo entre 11 e 25%, 3 = presença da fenofase com magnitude atingindo entre 26 e 50%, 4 = presença da fenofase com magnitude atingindo entre 51 e 75% e 5 = presença da fenofase com magnitude acima de 76%.

Índice de atividade (ou porcentagem de indivíduos)- Método que consiste apenas no registro de presença e ausência das fenofases. Esse método tem caráter

quantitativo, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico. Segundo Bencke e Morellato (2002), esses índices devem ser utilizados juntos na descrição da fenologia de espécies arbóreas. Para ajudar na observação dos fenômenos fenológicos, foi utilizado um binóculo.

Foram construídos fenogramas circulares para as espécies. Os fenogramas contêm as variações fenológicas sob a forma de percentual (0 a 100%) dos indivíduos de uma espécie numa determinada fenofase por mês, durante o ano. Estão representados circularmente (gráfico tipo radar com área coberta por uma sequência de dados preenchidos com uma cor), para intervalos mensais, nos quais cada mês corresponde a 30°, totalizando 360°.

#### **4.4.2 Índice Combinado de Crescimento**

Índice Combinado de Crescimento (ICC) foi obtido por porcentagem de plantas vivas de cada espécie (%) x altura média (m) x DAP médio (m). Cada espécie tem um ICC, indicador usado para medir o diâmetro das árvores, que depois de calculado foi colocado em ordem decrescente (HIGA; CARVALHO, 1990). As espécies com valor de ICC acima da média poderão indicar indivíduos mais adaptados.

Para obtenção das medidas dendrométricas, foram utilizados: um clinômetro eletrônico de bolso, instrumento profissional usado para medição de alturas e ângulos, e uma fita métrica convencional para medição da circunferência a altura do peito do tronco das árvores.

#### **4.4.3 Avaliação do crescimento**

Foi construída uma curva de crescimento das espécies para analisar a taxa de crescimento das mesmas ao longo de um ano.

### **4.5 ANÁLISES DA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA**

Com base nas avaliações de crescimento, desenvolvimento, adaptação e potencial de uso econômico, foi selecionada a espécie *Schizolobium amazonicum* (Pinho-

Cuiabano) para realização de estudos fisiológicos. A espécie citada é uma interessante alternativa para recomposição de áreas de reserva legal e preservação permanente e é bastante cultivada pelas empresas madeireiras do norte do país, para produção de caixotaria leve, confecção de pranchas, forros, formas de concreto, laminados, brinquedos, celulose e papel (Figura 16). A espécie obteve destaque dentre as demais nos quesitos: potencial de uso econômico em curto prazo, maior resistência ao infestação de pragas, e crescimento rápido (22,30 m de altura/50,74 cm de DAP aos nove anos de idade).

Para o estudo foram coletadas amostras de folhas durante dois períodos do ano: o primeiro durante o inverno (estação seca e fria) quando a planta apresentava-se no estágio vegetativo e o segundo durante o verão (estação quente e chuvosa) quando a planta estava no estágio reprodutivo, com grande número de flores e frutos.

Devido ao tamanho da árvore, as análises dificilmente poderiam ser realizadas em campo, portanto optou-se pela coleta do material vegetal e análise em laboratório. A cada ida a campo, as folhas eram devidamente acondicionadas em saco plástico preto e imediatamente transferidas para caixa térmica, com temperatura bem abaixo da ambiente (em torno de 5°C). O material era imediatamente transportado até o laboratório de análises, NEF - Núcleo de Estudos da Fotossíntese da Universidade Federal do Espírito Santo, para leitura da fluorescência da clorofila.

#### **4.5.1 Fluorescência da Clorofila**

A análise de fluorescência foi utilizada para estimar a atividade do fotossistema II (FSII), que é um importante alvo de estresses abióticos. As imagens de fluorescência foram obtidas usando um fluorômetro modulado *Imaging-PAM* (Heinz Walz, Effeltrich, Germany) versão MINI, equipado com um clip foliar especial IMAG-USH (Universal Sample Holder) e câmera de 640x480 pixels de resolução (Figura 2). As folhas foram previamente mantidas no escuro por 30 minutos a fim de obter-se a total oxidação do FSII. A seguir foram colocadas a uma distância da câmera, adaptadas ao clip foliar, para que recebessem os pulsos luminosos de comprimento de onda em torno de 650nm (vermelho) e 780 nm (próximo do infravermelho) para determinar a absorvância foliar. Logo após, foi obtido o rendimento da fluorescência

inicial da amostra adaptada ao escuro ( $F_0$ ) usando um feixe modulado de baixa frequência (1 Hz) e baixa intensidade [ $0.5 \mu\text{mol}(\text{photon}) \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ]. O rendimento máximo da fluorescência após a adaptação ao escuro ( $F_m$ ) foi obtido com um pulso de saturação luminosa [ $24.000 \mu\text{mol}(\text{photon}) \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ] produzido durante 800 ms. Finalmente, a indução de fluorescência foi iniciada com luz actínica de 470 nm [ $600 \mu\text{mol}(\text{photons}) \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ] por 90 s e sobreposto um impulso de saturação para determinar a fluorescência máxima no estado de luz adaptada ( $F_m'$ ) e as imagens de fluorescência transiente após a adaptação de luz (F).

As análises dos parâmetros da fluorescência foram determinadas usando o software *ImaginWin* e considerando a parte superior do limbo foliar, exceto a nervura central e as nervuras secundárias. Os valores de  $F_0$ ,  $F_m$ , F e  $F_m'$  foram considerados para calcular o rendimento quântico máximo do FSII, conforme Kitajima and Butler (1975) dado por  $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ , o rendimento quântico efetivo do FSII dado por  $Y_{II} = (F_m' - F)/F_m'$ , o rendimento quântico da dissipação de energia não fotoquímica regulamentada no FSII determinado de acordo com Gently et al. (1989) por  $Y(\text{NPQ}) = (F/F_m') - (F/F_m)$  e o rendimento quântico da dissipação de energia não fotoquímica não regulada no FSII dado de acordo com Hendrickson et al. (2004) e Klughammer e Schreiber (2008) por  $Y(\text{NO}) = F/F_m$ . O  $Y_{II}$  corresponde a fração de energia que é fotoquimicamente convertida no FSII.  $Y_{\text{NPQ}}$  corresponde a fração de energia dissipada em forma de calor pelo mecanismo- NPQ fotoprotetor regulado, enquanto  $Y_{\text{NO}}$  reflete a fração de energia que é passivamente dissipada na forma de calor e fluorescência, principalmente devido aos centros de reação do FSII estarem fechados.



Figura 2 Fluorômetro modulado Imaging-PAM (Heinz Walz, Effeltrich,Germany) versão Standard, acoplado a notebook.

#### 4.6 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados climatológicos foram divididos em dois grupos. Foram utilizadas as médias anuais de pluviosidade, umidade relativa, temperatura máxima, mínima e média, registradas para os anos de 2005 até 2012, e os dados reais mensais para os meses de novembro de 2012 até outubro de 2013. Os dados foram extraídos do Boletim Agroclimático de Viana, obtidos na estação meteorológica do INCAPER, localizada na Fazenda Experimental de Viana. Coordenadas LAT: 20,370S LON: 40,510W, ALT. 20m.

#### 4.7 OBSERVAÇÕES FITOSSANITÁRIAS

Foram registradas as infestações de pragas e ocorrência de doenças nos caules, folhas, galhos e frutos. A severidade e intensidade de infestação foram determinadas com uma escala de notas de 0 a 5, onde zero é a ausência da presença de sintomas de doença ou infestação de praga, e, cinco, a morte dos órgãos da planta devido à doença ou infestação da praga.

#### 4.8 ANÁLISE DOS DADOS

Para testar o tipo de distribuição dos dados coletados, foi realizado o teste de Shapiro e Wilks (Zar 1996). Como os dados não mostraram distribuição normal, partiu-se para o uso da estatística não-paramétrica. Foi calculada a correlação de Spearman ( $r_s$ ), (Zar 1996)  $p < 0,05$ , entre o número de espécies em cada fenofase, por mês e as variáveis climáticas no mesmo período: temperatura média, máxima absoluta e pluviosidade. As análises de correlação foram realizadas com auxílio do programa Assistat 7.7. Conforme Tabela 4.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

A análise revelou uma saturação por alumínio (m%) muito alta, com valor igual a 70 nos primeiros 20 cm de profundidade, aumentando para 81 entre 20 e 40 cm (Tabela 3). De acordo com a Embrapa (2010), um valor acima de 45 para m% é altamente prejudicial a qualquer cultura, exceto, talvez, para algumas espécies nativas do cerrado onde o Al pode ser até essencial.

Também observamos que o índice de saturação por bases (V%) é muito baixo: o solo do arboreto apresentou  $V\%=14$  nos primeiros 20 cm de profundidade e caiu ainda mais a medida em que a profundidade aumentou, característica típica dos solos pouco férteis, ou distróficos. Aliado ao fato de que o terreno apresentou saturação por alumínio muito alta, podemos classificá-lo como um solo álico (muito pobre) (EMBRAPA, 2010).

A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos. Um índice V% baixo significa que há pequenas quantidades de cátions, como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ , saturando as cargas negativas dos colóides e que a maioria delas está sendo neutralizada por  $\text{H}^{+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ . O solo nesse caso provavelmente será ácido, podendo até conter alumínio em nível tóxico às plantas. Essa situação pode ser comum para grandes áreas tropicais (EMBRAPA, 2010).

Tabela 3 - Resultados da análise química do solo da área experimental no Arboreto.

Amostra	Profundidade (cm)	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
		H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			
A-1	0-20	5,2	15,0	40,0	15,0	0,6	0,3	2,4	7,0
A-2	20-40	5,2	31,0	19,0	10,0	0,4	0,1	2,1	6,4

Amostra	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			%			dag/Kg	mg/L	mg/dm <sup>3</sup>					
A-1	1,1	3,4	8,1	14,0	70,0	0,1	3,6	15,0	1,3	66,1	3,8	2,2	0,2	-
A-2	0,5	2,6	6,9	8,0	81,0	0,1	3,1	10,0	1,3	38,7	0,9	2,2	0,3	-

pH em água – Relação 1:2,5

P-Na-K-Fe-Zn-Mn-Cu – Extrator Mehlich-1

Ca-Mg-Al – Extrator KCl-1mol/L

H + Al – Correlação com pH SMP

B – Extrator água quente

S – Extrator fosfato monocálcico em ácido acético

SB – Soma de Bases trocáveis

t – capacidade de troca catiônica efetiva

T – capacidade de troca catiônica a pH 7

V – índice de saturação por bases

m – índice de saturação por alumínio

ISNa – índice de saturação de sódio

MO – matéria orgânica (C. org. x 1,724)

P-rem – fósforo remanescente ou equilíbrio

O pH em água mostrou-se moderadamente ácido, de acordo com a classificação para a acidez do solo proposta por Tomé Júnior (1997 apud EMBRAPA, 2010, p. 14).

O solo é classificado como Neossolo Flúvico de textura argilosa (GEOBASES, 2014), com grande possibilidade de que os coloides predominantes sejam argilas minerais do tipo caolinita, devido a baixa capacidade de troca catiônica revelada na amostra.

Segundo o Boletim Embrapa (2010) para fertilidade e manejo adequado dos solos, as argilas minerais, as substâncias húmicas e os óxidos de ferro e alumínio possuem determinada superfície de troca e são os principais coloides responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos sob condições tropicais. Em razão do maior número de cargas negativas do que positivas desses coloides, a adsorção é principalmente de cátions.

O solo possui tanto mais alumínio quanto maior for o teor em argila caolínica, uma vez que o alumínio é parte integrante e predominante dessa argila mineral 1:1<sup>10</sup>. Quando a argila se decompõe, ocorre liberação do Al<sup>3+</sup> das camadas octaédricas. O

$Al^{+3}$  assim produzido pode permanecer na superfície em forma trocável (deslocando  $H^+$  dos sítios de adsorção do solo) ou passar para a solução do solo. Se o alumínio for absorvido, pode alterar a fisiologia e a morfologia da planta cultivada (EMBRAPA, 2010).

O teor de matéria orgânica se mostrou muito baixo, assim como os demais nutrientes avaliados.

Nesse cenário desfavorável para a grande maioria das culturas, as espécies florestais arbóreas que se estabeleceram mostraram que mesmo num solo pobre, ácido e com altos teores de alumínio, foi possível o crescimento e desenvolvimento satisfatórios.

Quando um solo é exaustivamente cultivado e manejado inadequadamente, seu potencial produtivo é reduzido drasticamente, e caso não sejam aplicadas técnicas para melhoria de suas condições, essas áreas podem ser abandonadas, tornando-se infrutíferas. Porém o uso de espécies florestais adaptadas poderá revitalizar esse contexto, pois além do uso para recomposição de reserva legal e áreas de preservação permanente, também existe a possibilidade de ocupação dessas áreas com espécies de interesse industrial e econômico, caso da espécie *Schizolobium amazonicum*.

## 5.2 TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO

Os valores mensais de precipitação e temperatura média do ar para os meses de novembro de 2012 e outubro de 2013 e para os anos de 2005 até 2012 são mostrados na Figura 3. Os dados mostram o período seco (abril-outubro) com menor precipitação. A média da temperatura foi de 24,83°C com 89 dias chuvosos no período de estudo.

A umidade relativa variou entre 81 e 87%, com menores valores para os meses de setembro e outubro e maior valor para o mês de março.

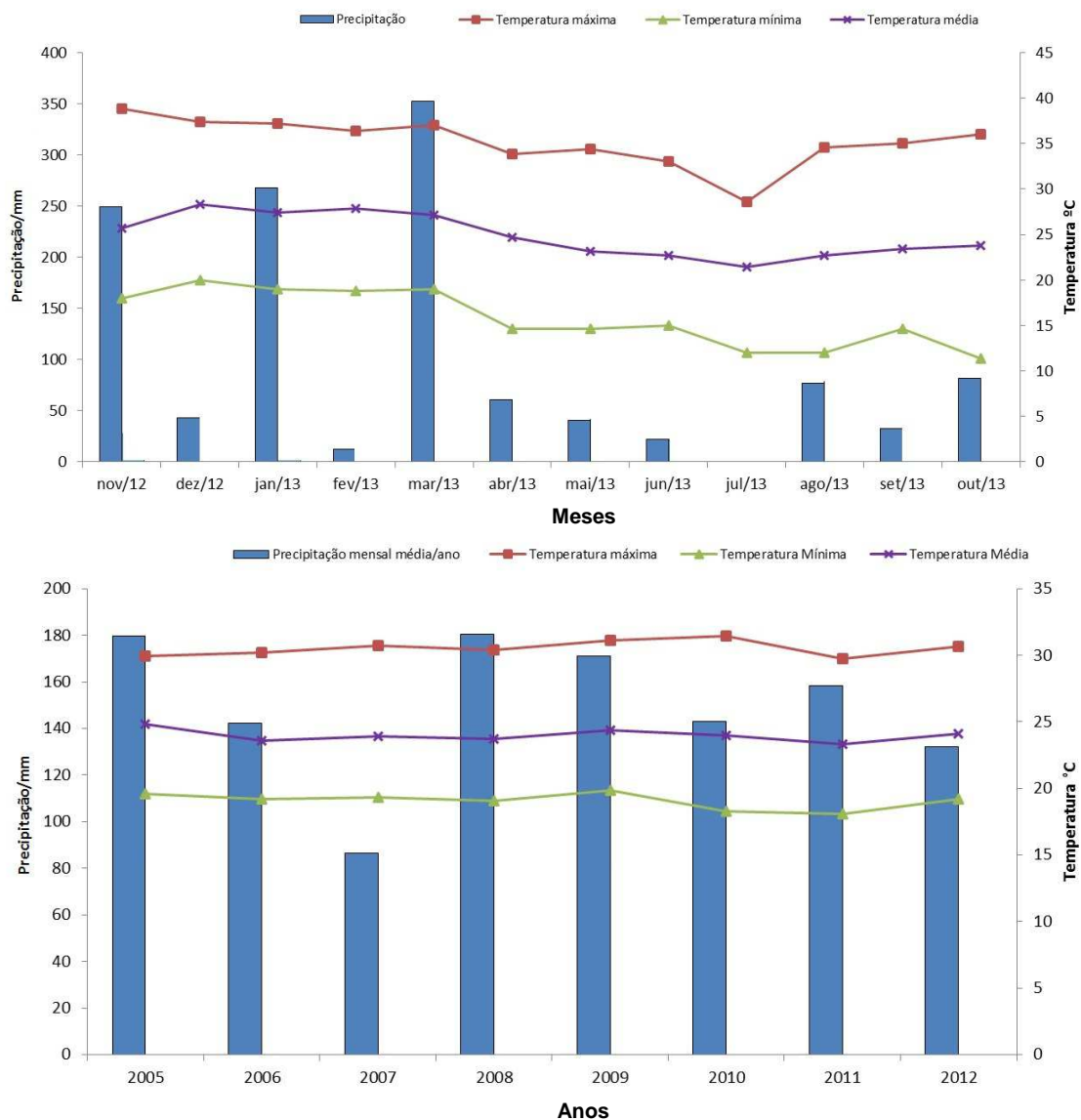


Figura 3 Valores climáticos mensais da área de estudo entre novembro 2012 e outubro 2013 e médias anuais obtidas de 2005 até 2012. (Fonte: Incaper 2014).

As médias anuais mostram os maiores valores de precipitação para os anos de 2005, 2008 e 2009. Os anos de 2006, 2010 e 2012 aparecem como os mais secos. A umidade relativa praticamente se manteve estável ao longo dos oito anos, com a maior média anual de temperatura para o ano de 2010 (31,4°C). O ano de 2008 aparece como o mais chuvoso, registrando uma precipitação acumulada de 2.164,8 mm, seguido pelo ano de 2005 com 2.156,2 mm.

### 5.3 FENOLOGIA DO CRESCIMENTO

Foram observadas as fenofases *brotamento*, *queda de folhas*, *floração* e *frutificação* em 109 espécies florestais arbóreas de 37 famílias e 82 gêneros (Apêndice A). As três famílias com maior número de espécies presentes na área de estudo foram: Caesalpiniaceae (10 espécies), Fabaceae (12), Mimosaceae (12).

A floração estendeu-se de novembro a julho, com menor número de espécies florescendo em dezembro (Figura 7). Da mesma maneira, o número de espécies frutificando acompanhou proporcionalmente o número de espécies em floração. A análise dos dados mostrou que os períodos de floração e frutificação apresentaram correlação significativa positiva com a pluviosidade ( $r=0,4318$  e  $0,2166$  respectivamente).

A produção de folhas também foi uma atividade constante, presente em mais de 50% das espécies durante todo o ano, porém sempre ocorrendo com baixa intensidade (figura 4) com valores máximos no período mais úmido, entre novembro e março (acima de 70% das espécies), e mínimos em maio, junho e setembro (aproximadamente 20% das espécies), coincidindo com o período mais seco e frio. O período com maior número de espécies brotando (71 a 94) ocorreu de novembro a janeiro, com o pico em novembro (figura 4). Entre maio e julho, ocorreu uma queda brusca no número de espécies brotando com aumento gradual a partir de agosto.

A comunidade vegetacional do Arboreto muda pouco sua fisionomia durante as estações do ano. Durante a estação úmida, de dezembro a maio, observou-se o menor pico de queda de folhas, na qual em média 8% das espécies perderam suas folhas. No período seco iniciado em junho, esse número já subiu para 12%, mostrando que o número de espécies perdendo as folhas aumentou em relação à estação úmida. A queda foliar foi praticamente constante ao longo do ano, com um número razoável de espécies perdendo folhas a cada mês, sempre em pequena intensidade. No início da estação úmida, de novembro a abril, caracterizada por significativa precipitação, mais de 80% das espécies iniciaram o brotamento, sendo que algumas continuaram o brotamento durante a estação seca (12%) e as demais cessaram neste mesmo período.

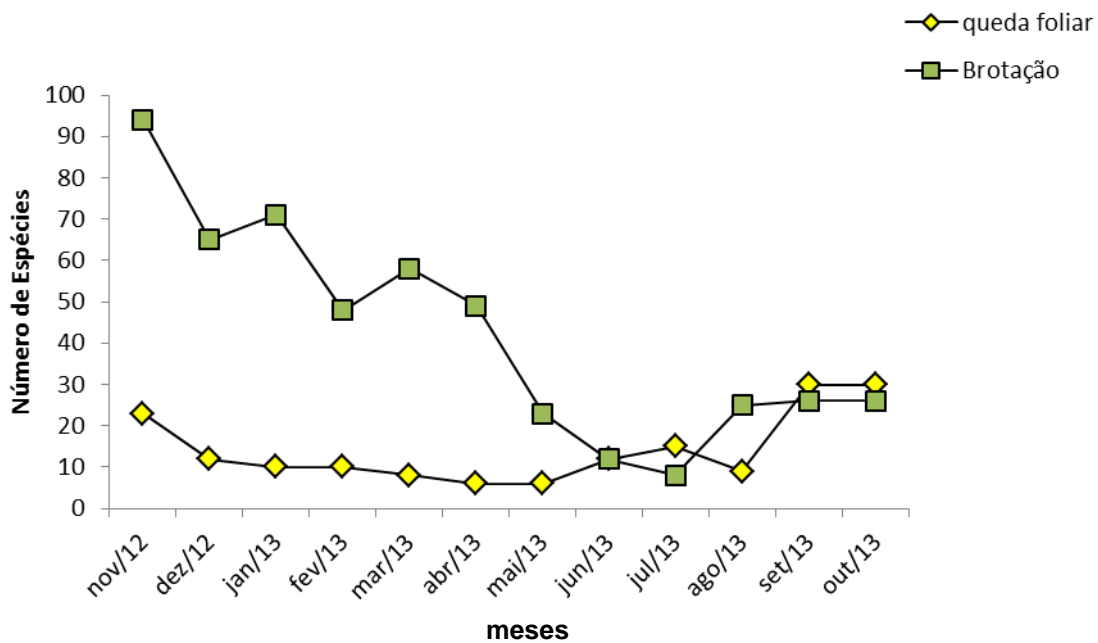


Figura 4 Número de espécies arbóreas apresentando queda de folhas e brotação no Arboreto Botânico, Fazenda Experimental Reginaldo Conde, Viana, ES.

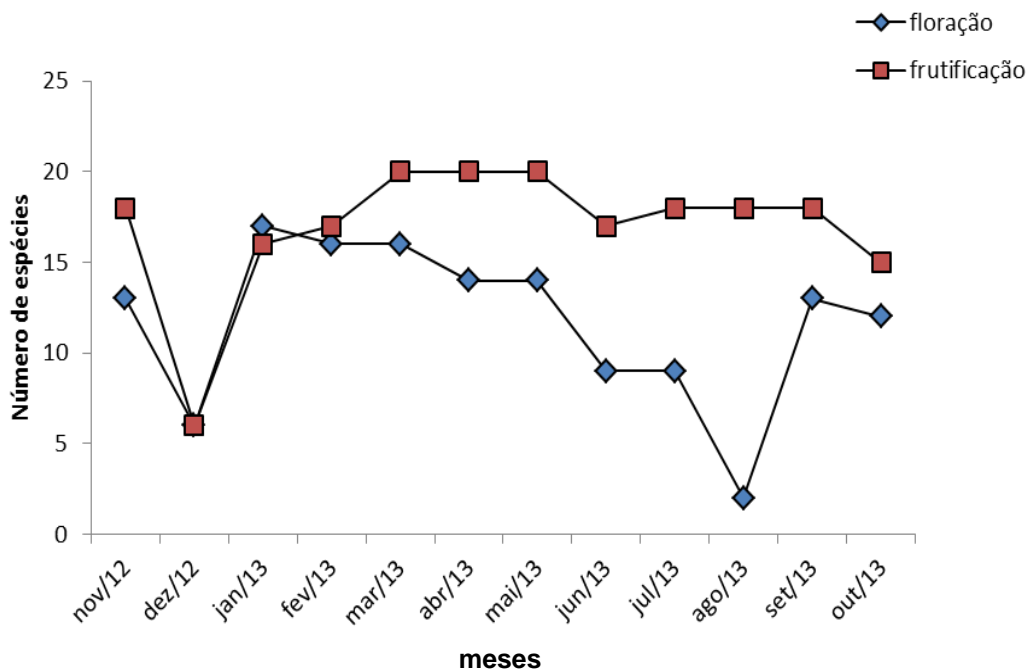


Figura 5 Número de espécies arbóreas apresentando floração e frutificação, ao longo do ano, no Arboreto Botânico, Fazenda Experimental Reginaldo Conde, Viana, ES.

Foram observadas espécies florescendo durante o ano inteiro, entretanto o ritmo de floração encontrado, bem como o de frutificação, foi marcadamente sazonal. É notável uma queda brusca na floração e frutificação no mês de dezembro e agosto, seguidamente observa-se um pico de floração em janeiro, que apresentou o maior número de espécies nesta fenofase. A partir de janeiro e principalmente durante

fevereiro e maio, estação de transição, 20% das espécies estavam frutificando (Figura 5), com pico em março, abril e maio. A partir de junho, a atividade de frutificação começou a diminuir, permanecendo com baixa intensidade durante toda a estação seca, até outubro. A queda na produção de flores pôde ser observada a partir de fevereiro. A floração apresentou correlação significativa com a frutificação e com a precipitação ( $\rho = 0,34$  e  $0,38$  respectivamente) (Tabela 4).

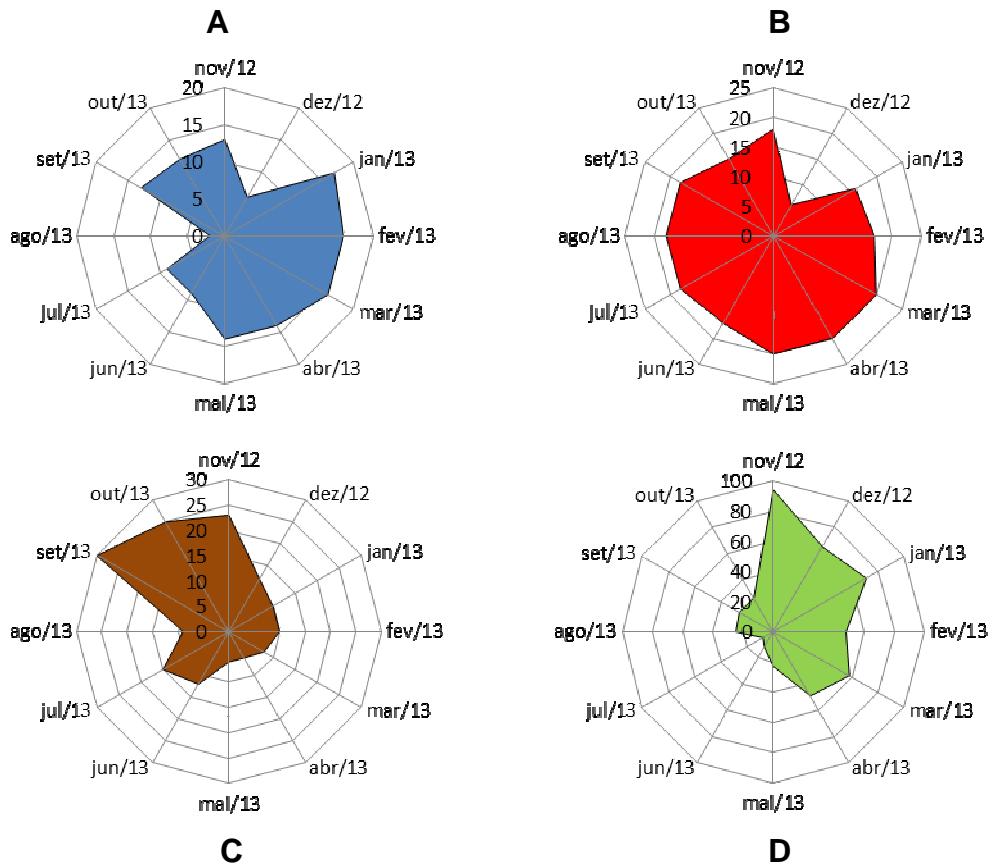


Figura 6 Fenogramas circulares de frequência relativa mensal representando o número de espécies em cada fenofase no arboreto botânico, fazenda experimental Engº Agr. Reginaldo Conde, Jucuruaba, Viana, ES. Fenofases: A. Floração; B. Frutificação; C. Queda Foliar; D. Brotamento.

As espécies florestais estudadas mudaram pouco de aspecto durante o ano. A queda foliar foi observada em algumas espécies, variando de 10 a 85% das espécies perdendo folhas a cada mês, sempre em pequena intensidade (Apêndice A e Figura 4). No final do período mais seco e frio, em setembro, foi observado o maior número de espécies perdendo folhas (30 espécies), sendo que em abril e maio foi observado o menor número de espécies perdendo folhas (6 espécies). Nos demais meses do ano, a queda foliar oscilou entre 10 e 25 espécies perdendo folhas por mês (figura 4). Os coeficientes de Spearman mostraram que a queda foliar apresentou fraca correlação negativa com a pluviosidade ( $\rho = -0,13$ ) e correlação

não significativa com a temperatura média ( $p = ns$ ) (Tabela 4). Somavilla (2011) não encontrou correlação das fenofases floração e enfolhamento com os dados climatológicos, encontrando correlação negativa entre a queda de folhas e a umidade relativa média e precipitação.

Tabela 4 – Correlação entre as variáveis climáticas e as fenofases observadas.

	T. min. (°C)	Po (mm)	T. média (°C)	T. máx. (°C)	Floração	Frutificação	Brotação	Queda Foliar
	----- r -----							
T. min. (°C)	-	0,31	0,81	0,69	0,46	-0,10	0,70	-0,21
Po (mm)	-	-	0,38	0,62	0,38	-0,08	0,66	-0,13
T. média (°C)	-	-	-	0,81*	0,53	-0,26	0,84*	-0,05 <sup>ns</sup>
T. máx. (°C)	-	-	-	-	0,30	-0,25	0,88*	0,21
Floração	-	-	-	-	-	0,34	0,48	-0,35
Frutificação	-	-	-	-	-	-	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,50
Brotação	-	-	-	-	-	-	-	0,04 <sup>ns</sup>

Po, T. média e T. máx. = Precipitação observada, Temperatura média e Temperatura máxima; <sup>ns</sup> e \*, não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.



Figura 7 Floração das espécies do Arboreto. (A) inflorescência de *Euterpe oleracea* - açazeiro, (B) flores e frutos de *Sebastiania commersoniana* - Branquinho, (C) flor de *Apeiba tibourbou* – Pau de Jangada e (D) inflorescência de *Archontophoenix cumminghamiana* - Palmeira Real.



Figura 8 Frutificação das espécies do Arboreto Botânico. (A) frutos de *Adenanthera pavonina* - Falso Sândalo, (B) frutos maduros de *Apeiba tibourbou* – Pau de Jangada, (C) frutificação de *Hovenia dulcis* – Uva do Japão e (D) frutos de *Sebastiania commersoniana* - Branquinho.

A produção de folhas também foi uma atividade constante, presente em mais de 90% das espécies durante o ano inteiro, porém ocorrendo com baixa intensidade a partir de abril (figura 4) com valores máximos no período mais úmido, entre novembro e março (acima de 80% das espécies) e mínimos em maio, junho e setembro (aproximadamente 20% das espécies), coincidindo com o período mais seco e frio. O brotamento apresentou alta correlação significativa positiva com a temperatura média ( $r = 0,84$ ). O período com maior número de espécies brotando (65 a 94) ocorreu de novembro a janeiro, com o pico em novembro. Entre abril e maio, ocorreu uma queda brusca no número de espécies brotando com aumento gradual a partir de agosto.

Padrões de produção de folhas - Das 109 espécies estudadas, 96 (88,07%) foram incluídas na categoria das perenifólias, dez (9,17%) foram consideradas semidecíduas, e três (2,75%) foram consideradas decíduas (Apêndice A). Durante o período de estudo, 36 espécies (33,02 %) das 109 observadas não floresceram, já descontadas aquelas que não sobreviveram (Apêndice A). Muitas dessas supostamente não floresceram por se tratar de espécies que pertencem a grupos ecológicos tardios, como é o caso das espécies: *Aspidosperma olivaceum* (Peroba-amarela) e *Plinia truncifolia* (Jaboticabeira), portanto ainda imaturas fisiologicamente. Outras aparentavam ter menos idade do que as demais, podendo ter sido plantadas algum tempo depois e, portanto, terem menos de nove anos de idade, como é o caso da espécie *Eugenia uniflora* (Pitangueira). Embora fossem observadas espécies florescendo durante o ano inteiro, como *Sizigium cumini* (Jambolão) e *Apeiba tibourbou* (Pau-de-jangada) o ritmo de produção de flores apresentou leve sazonalidade (Apêndice A e Figura 6A). O número de espécies em floração começou a aumentar a partir de janeiro, no período mais quente e úmido do ano e com aumento no fotoperíodo, decaindo em agosto, já no período mais frio e menos úmido. O número mínimo de espécies florescendo foi de duas em agosto e o máximo de 17 em janeiro.

Das 109 espécies estudadas, 33 (30,27%) espécies frutificaram durante o período de estudo (Apêndice A). A frutificação também apresentou leve sazonalidade (Figura 6B). O maior número de espécies frutificando (18 a 20) ocorreu entre os meses de março a maio, oscilando entre seis e dezoito nos demais meses (Figura 6B). A

frutificação não apresentou correlação significativa com a pluviosidade ( $\rho = ns$ ) e apresentou correlação negativa significativa com a temperatura média ( $\rho = -0,26$ ). Das 109 espécies estudadas, 20 (18,34%) apresentaram dispersão por animal, dezoito (16,51%) pelo vento e doze (11,00%) são autocóricas (Apêndice A). Vinte e nove espécies (26,60%) não sobreviveram e o restante, trinta espécies (27,52%) não foram classificadas, pois não frutificaram até o momento do fechamento deste estudo. As espécies dispersas por animais frutificaram o ano todo, sucedendo-se ao longo do período de observação (Apêndice A).

Não houve correlação significativa entre o número de espécies brotando e o número de espécies com frutos ( $\rho = ns$ ), tampouco com o número de espécies em brotação e com queda foliar ( $\rho = ns$ ), porém houve correlação positiva significativa entre brotação e floração ( $\rho = 0,48$ ).

Desenvolvimento das espécies- Ao completar 12 meses de análise, acompanhamento e observação do comportamento das árvores, podemos observar que a maioria esmagadora (85%) apresentou algum crescimento, mesmo que mínimo na altura e no diâmetro do caule.

Após o cálculo do Índice Combinado de Crescimento – ICC – podemos perceber com maior clareza o crescimento das espécies ao longo dos nove anos e verificar aquelas com os melhores índices (Tabela 5). Estão listadas as espécies sobreviventes, num total de 95.

Quinze espécies se destacaram, mostrando maior ganho de biomassa e os melhores índices (Tabela 6).

Tabela 5 - Índice Combinado de Crescimento (ICC) das espécies do Arboreto Botânico, aos nove anos de idade, sob Neossolo Flúvico, textura argilosa relevo plano, em ordem decrescente.

ESPÉCIE	ICC	ESPÉCIE	ICC	ESPÉCIE	ICC
<i>Inga uruguensis</i>	565,79	<i>Centrolobium microchaete</i>	108,66	<i>Myrocarpus frondosus</i>	27,07
<i>Joannesia princeps</i>	558,34	<i>Hymenaea courbaril</i>	99,89	<i>Cryptomeria Japonica</i>	25,35
<i>Schizolobium parahybae</i>	518,43	<i>Inga virescens</i>	92,96	<i>Euterpe oleracea</i>	24,96
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	514,18	<i>Ormosia paraensis</i>	88,11	<i>Pithecelobium incuriale</i>	24,14
<i>Anadenanthera colubrina</i>	509,55	<i>B. riedelianum</i>	83,52	<i>Ormosia arborea</i>	23,83
<i>Inga edullis</i>	504,01	<i>Bombacopsis glabra</i>	81,62	<i>Bauhinia forficata</i>	20,62
<i>Schizolobium amazonicum</i>	503,63	<i>Eugenia involucrata</i>	80,10	<i>Tabebuia alba</i>	18,98
<i>Khaya ivorensis</i>	423,99	<i>Centrolobium tomentosum</i>	79,82	<i>Podocarpus lambertii</i>	18,72
<i>Adenanthera pavonina</i>	335,89	<i>Terminalia ivorensis</i>	77,46	<i>Aspidosperma olivaceum</i>	17,38
<i>Sizigium cumini</i>	318,18	<i>Matayba elaeagnoides</i>	76,76	<i>Dypsis lutescens</i>	17,33
<i>Pterocarpus rohrii</i>	312,50	<i>Lafoensia pacari</i>	64,66	<i>Paulownia fortunei</i>	16,83
<i>Apeiba tibourbou</i>	262,72	<i>Hovenia dulcis</i>	62,33	<i>Ocotea puberula</i>	16,22
<i>Archontophoenix cumminghamiana</i>	253,25	<i>Anonna glabra</i>	62,23	<i>Tipuana tipu</i>	15,88
<i>Alchomea triplinervia</i>	240,13	<i>Caesalpinia echinata</i>	61,04	<i>Cedrela fissilis</i>	13,98
<i>Colubrina glandulosa</i>	217,29	<i>Araucaria angustifolia</i>	59,30	<i>Plinia truncifolia</i>	11,14
<i>Sebastiania commersoniana</i>	211,36	<i>Cupania vernalis</i>	50,09	<i>Eriobothrya japonica</i>	9,72
<i>Caesalpinia ferrea</i>	210,36	<i>Liquidambar styraciflua</i>	49,39	<i>Casearia silvestris</i>	7,24
<i>Casearia silvestris</i>	194,49	<i>Dodonea viscosa</i>	47,27	<i>Tamarindus indica</i>	7,12
<i>Hevea brasiliensis</i>	191,60	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	47,18	<i>Machaerium vestitum</i>	6,42
<i>Sterculia striata</i>	186,98	<i>Tabebuia heptaphylla</i>	43,99	<i>Calophyllum brasiliense</i>	5,40
<i>Parkia multijuga</i>	184,22	<i>Bactris gasipaes</i>	42,04	<i>Cybistax antisiphilitica</i>	5,31
<i>Cariniana legalis</i>	179,15	<i>Guibourtia hymenifolia</i>	41,61	<i>Copaifera langsdorffii</i>	4,62
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	171,29	<i>Fraxinus excelsior</i>	39,39	<i>Pseudopiptadenia glaziovii</i>	4,58
<i>Centrolobium robustum</i>	168,45	<i>Albizia polycephala</i>	35,33	<i>Koelreuteria paniculata</i>	4,38
<i>Tectona grandis</i>	163,15	<i>Dimorphandra mollis</i>	34,93	<i>Bertholletia excelsa</i>	3,58
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	143,03	<i>Anadenanthera colubrina var. cebil</i>	34,17	<i>Quercus acutissima</i>	3,32
<i>Dalbergia nigra</i>	129,40	<i>Manilkara spp.</i>	31,37	<i>Holocalyx balansae</i>	3,09
<i>Genipa americana</i>	125,08	<i>Cariniana estrellensis</i>	30,56	<i>Schinus molle</i> *	2,18
<i>Moringa oleifera</i>	114,97	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	29,43	<i>Poecilanthe parviflora</i>	1,50
<i>Guazuma umifolia</i>	114,91	<i>Taxodium distichum</i>	28,01	<i>Cassia leptophylla</i>	1,06
<i>Elaeocarpus serratus</i>	110,07	<i>Eugenia uniflora</i>	27,68		

\* Rebrota.

Setenta e oito espécies, dentre nativas e exóticas (sessenta e duas espécies dos domínios Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia e dezesseis de outros países), mostraram aparente adaptação às condições de estudo. Todas aparecem em boas condições vegetativas e fitossanitárias e se mostraram viáveis para utilização em programas de reflorestamento e recomposição de áreas de reserva legal e de proteção permanente, conforme Tabelas 04 e 05. Com relação à fitossanidade, o gênero *Centrolobium* mostrou-se muito susceptível à infestação de lagartas desfolhadoras (Figura 13), porém esse fato parece não ter prejudicado o desenvolvimento das três espécies deste gênero, encontradas no Arboreto. Dessas setenta e oito, quinze obtiveram os melhores índices de crescimento, completaram seus ciclos reprodutivos e mostraram-se muito resistentes à infestação de pragas, conforme Tabela 06, Figura 10. Suas principais formas de uso se encontram nas Tabelas 07 e 08. Duas delas são exóticas, *Elaeocarpus serratus* (Azeitona do Ceilão) e *Khaya ivorensis* (Mogno Africano).

Dezesseis espécies não sobreviveram, dentre elas: *Erythroxylum argentinum* (Cocão), *Ocotea puberula* (canela guaicá), *Cupressus lusitânica* (Cipreste), *Araucaria columnaris* (Pinheiro de Natal), *Erythrina falcata* (Corticeira), *Persea major* (Pau-de-andrade).

Quinze espécies apresentaram índices de crescimento muito baixos em comparação às outras espécies e aparentam ter dificuldade em se estabelecer no local de estudo, dentre elas: *Holocalyx balansae* (Alecrim), *Cybistax antisiphilitica* (Carobaflo-verde), *Quercus acutíssima* (Carvalho Japonês), *Pseudopiptadenia glaziovii* (Cauvi), *Poecilanthe parviflora* (Coração de Negro), *Cassia leptophylla* (Grinalda de Noiva), *Calophyllum brasiliense* (Guanandi), *Tamarindus indica* (Tamarindo) e *Koelreuteria paniculata* (Quereutéria). Essa dificuldade pode ser explicada pelo fato das condições ambientais da área de estudo serem desfavoráveis para o desenvolvimento inicial das espécies ou pela característica ecológica peculiar a cada espécime, como no caso da *Aspidosperma olivaceum*, classificada como uma espécie secundária tardia e que, portanto, obedece a um ritmo de crescimento diferente de espécies como a *Schizolobium Parahyba*, espécie pioneira, de rápido crescimento e amadurecimento fisiológico. Observou-se quinze espécies que

apresentaram maior ICC e maior produção de biomassa no período de 9 anos de crescimento (Tabela 6).

Tabela 6 - Parâmetros silviculturais das 15 espécies mais representativas em crescimento, apresentando maior ICC, aos 9 anos de idade sobre Neossolo Flúvico textura argilosa relevo plano.

Espécie	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivência	
			(%)	ICC
Ingá Banana	13,10	35,17	100	565,79
Boleira	17,65	34,22	100	558,34
Guapuruvu	16,80	25,11	100	518,43
Timbaúba	12,80	40,81	100	514,18
Angico Branco	13,80	37,40	100	509,55
Ingá Metro	11,10	34,73	100	504,01
Pinho Cuiabano	22,30	50,74	50	503,63
Mogno Africano	16,10	32,53	100	423,99
Falso Sândalo	11,60	13,30	100	335,89
Jambolão	10,20	32,85	100	318,18
Aldrago	9,30	25,94	100	312,50
Pau Jangada	8,10	27,02	100	262,72
Palmeira Real	8,40	20,28	100	253,25
Tapiá	9,60	20,34	100	240,13
Sobrasil	11,40	16,65	100	217,29

No trabalho de Higa e Carvalho (1990), o índice combinado de crescimento foi uma ferramenta para ajudar na interpretação do desenvolvimento de 12 espécies de eucalipto no Sul do Brasil, podendo apontar indivíduos que apresentaram índices acima da média como sendo aqueles mais adaptados ao ambiente de estudo. Nesse cenário, mesmo que sejam espécies diferentes, sabemos que se tratavam de árvores do mesmo gênero e com características ecofisiológicas semelhantes entre si. No presente estudo avaliou-se o crescimento de diversas espécies florestais arbóreas de variados gêneros e pertencentes a diferentes grupos ecológicos. Quando efetua-se o cálculo para estabelecer um ICC médio das árvores obtém-se o valor 115,76, o que classificaria as espécies com os índices acima desse número como as prováveis mais adaptadas, porém isso ignora o fato de que na natureza elas pertençam a estágios de sucessão ecológicos diferentes e que apresentam ritmo de crescimento e amadurecimento fisiológico compatíveis com a espécie a qual pertencem. Um exemplo é a espécie *Plinia Truncifolia*, que apresenta um

período de juvenilidade maior, podendo chegar a 10 anos ou mais. Portanto para seleção das espécies mais adaptadas, além do índice de crescimento, optou-se pela busca de conhecimento ecológico e reprodutivo de cada espécie, com base na literatura.

Espécies arbóreas de florestas tropicais podem alternar de decíduas a semidecíduas ou perenifólias, dependendo do grau de disponibilidade hídrica no ambiente em que se encontram (REICH; BORCHERT 1984). Para Morelato (1991), essa alternância/alteração no comportamento da queda foliar provavelmente seria uma adaptação à sazonalidade ambiental, existindo, portanto, uma relação estreita entre deciduidade e estacionalidade climática. Além dos fatores externos, como luz, água, nutrientes e temperatura, existem também os fatores internos fisiológicos, e aqueles relacionados à biota, como os agentes polinizadores e dispersores (MORELLATO 1991). Embora seja de fundamental importância adotar o máximo possível de relações entre os fatores externos, internos e finais (bióticos) na interpretação dos eventos fenológicos, há uma série de limitações para se obter uma visão sintética da dinâmica de um ecossistema, devido a toda sua complexidade (MORELLATO 1992).

A avaliação de uma determinada fenofase, visando correlacionar sua presença e intensidade com a adaptação das espécies a um determinado ambiente, pode estar relacionada a vários fatores abióticos, como precipitação, temperatura, nutrientes, umidade e a fatores bióticos, como atividade de polinizadores e dispersores, comportamento de predadores de sementes, herbívoros, pragas, sendo que todos esses fatores, por sua vez, estão sujeitos a interferências das mudanças no ambiente físico (JANZEN, 1980). De acordo com as respostas às mudanças no ambiente, as espécies ou indivíduos estão sujeitos à seleção natural, dessa forma respondendo diferentemente a um mesmo estímulo e estabelecendo-se de forma definitiva se suas estratégias forem bem sucedidas. A figura 9 mostra como foi o crescimento horizontal e vertical das 109 espécies arbóreas ao longo de um ano de estudo.

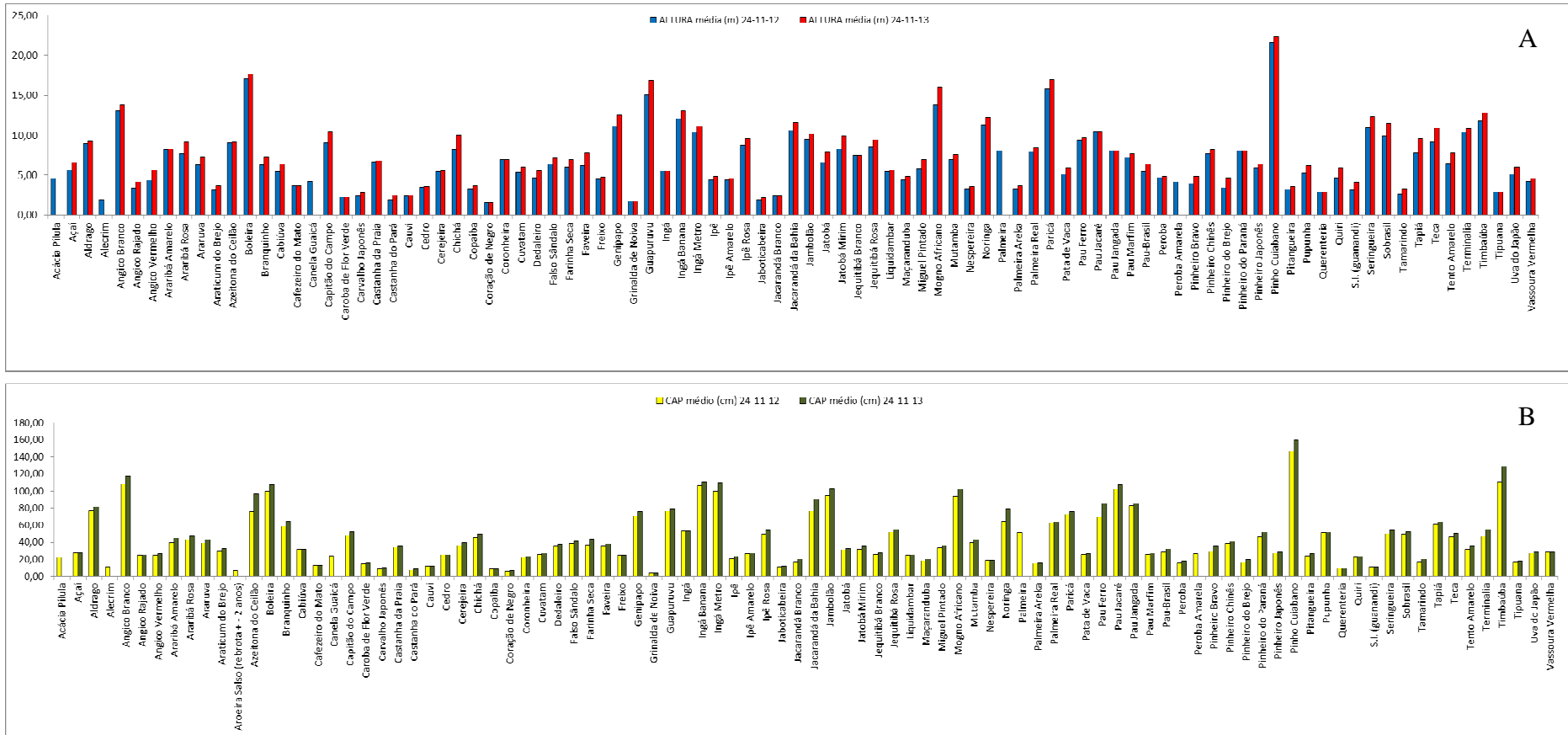


Figura 9 – A - Crescimento da altura e B – crescimento da Circunferência à Altura do Peito (CAP) no período de 12 meses, das espécies sobreviventes, medições realizadas nos meses de novembro 2012 e novembro de 2013.

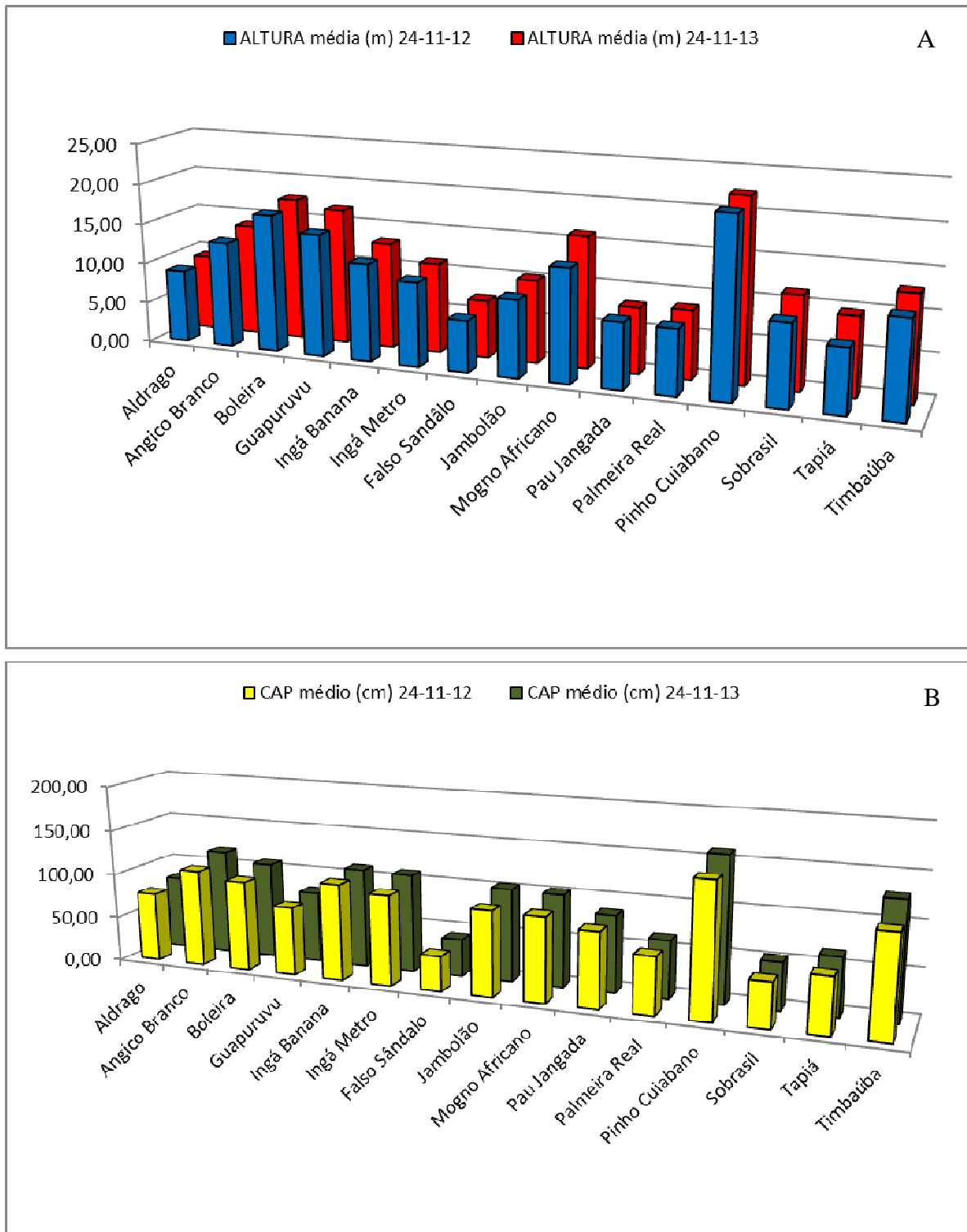


Figura 10 A - Crescimento da altura e B – crescimento da Circunferência à Altura do Peito (CAP) no período de 12 meses, nas 15 espécies mais representativas em crescimento, com maior ICC, medições realizadas nos meses de novembro de 2012 e novembro de 2013.

As espécies florestais deste estudo foram classificadas como: pioneiras, secundárias e clímaxes, de acordo com Tabela 11 do Apêndice A, adaptado do estudo de Budowski (1965).

Tabela 7 - Espécies nativas do Brasil que apresentaram adaptação funcional e estrutural às condições de solo e de clima da região de Mata Atlântica de Viana, mostrando-se como uma alternativa para recuperação da cobertura vegetal local.

(continua)

Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Origem	Usos
<b>Açaí</b>	<i>Euterpe oleracea</i>	Palmaceae	Amazônia	Alimentação humana
<b>Aldrago</b>	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Fabaceae	Camanducaia, MG	Paisagístico
<b>Angico-branco</b>	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Mimosaceae	Ponta Grossa, PR	Goma; Paisagístico
<b>Angico-rajado</b>	<i>Pithecelobium incuriale</i>	Mimosaceae	Tunas do Paraná, PR	Madeireiro
<b>Angico-vermelho</b>	<i>Anadenanthera colubrina var. cebil</i>	Mimosaceae	Bocaiúva do Sul, PR	Goma; tanino
<b>Araribá-amarelo</b>	<i>Centrolobium microchaete</i>	Fabaceae	Morretes, PR	Corante, SAF, Tanino, Madeireiro
<b>Araribá-rosa</b>	<i>Centrolobium robustum</i>	Fabaceae	Antonina, PR	Corante, SAF, Tanino, Madeireiro
<b>Araruva</b>	<i>Centrolobium tomentosum</i>	Fabaceae	Rolândia, PR	Corante, SAF, Tanino
<b>Ariticum-da-varzea</b>	<i>Annona glabra</i>	Annonaceae	Antonina, PR	RA
<b>Aroeira-salso</b>	<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae	Irati, PR	Condimento
<b>Boleira</b>	<i>Joannesia princeps</i>	Euphorbiaceae	Campo Mourão, PR	Madeireiro
<b>Branquinho</b>	<i>Sebastiania commersoniana</i>	Euphorbiaceae	Colombo, PR	RA
<b>Cabriúva</b>	<i>Myrcarpus frondosus</i>	Caesalpiniaceae	Fernandes Pinheiro, PR	Madeireiro
<b>Cafezeiro-do-mato</b>	<i>Casearia silvestris</i>	Flacourtiaceae	Colombo, PR	Apícola, medicinal
<b>Capitão-do-mato</b>	<i>Terminalia argentea</i>	Combretaceae	Goiânia, GO	RA
<b>Castanha-da-praia</b>	<i>Bombacopsis glabra</i>	Bombacaceae	Buri, SP	Alimentação humana

Tabela 7 - Espécies nativas do Brasil que apresentaram adaptação funcional e estrutural às condições de solo e de clima da região de Mata Atlântica de Viana, mostrando-se como uma alternativa para recuperação da cobertura vegetal local.

(Continuação)

Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Origem	Usos
<b>Castanha-do-Pará</b>	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	Belém, PA	Alimentação, Madeireiro
<b>Cedro</b>	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	Colombo, PR	Madeireiro
<b>Cerejeira</b>	<i>Eugenia involucrata</i>	Myrtaceae	Colombo, PR	Alimentação
<b>Chichá</b>	<i>Sterculia striata</i>	Sterculiaceae	Brasília, DF	Alimentação
<b>Copaíba</b>	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Caesalpiniaceae	Bahia	Óleo-resina, RA
<b>Coronheira</b>	<i>Ormosia arborea</i>	Fabaceae	Colombo, PR	Paisagem
<b>Cuvatã</b>	<i>Cupania vernalis</i>	Sapindaceae	Colombo, PR	RA
<b>Dedaleiro</b>	<i>Lafoensia pacari</i>	Lythraceae	Colombo, PR	Medicinal
<b>Farinha-seca</b>	<i>Albizia polycephala</i>	Mimosaceae	Pato Branco, PR	RA
<b>Faveira</b>	<i>Dimorphandra mollis</i>	Fabaceae		Medicinal
	<i>Schizolobium</i>			Paisagístico, RA,
<b>Guapuruvu</b>	<i>parahybae</i>	Caesalpiniaceae	Santa Helena, PR	RAD, SAF
<b>Ingá</b>	<i>Inga virescens</i>	Mimosaceae	Colombo, PR	RA
<b>Ingá-banana</b>	<i>Inga uruguensis</i>	Mimosaceae	Rolândia, PR	RA
<b>Ingá-metro</b>	<i>Inga edullis</i>	Mimosaceae		RA
<b>Ipê-amarelo</b>	<i>Tabebuia alba</i>	Bignoniaceae	Colombo, PR	Paisagístico
<b>Ipê-rosa</b>	<i>Tabebuia heptaphylla</i>	Bignoniaceae	Colombo, PR	Paisagístico
<b>Jaboticabeira</b>	<i>Plinia truncifolia</i>	Myrtaceae	Colombo, PR	Alimentação
<b>Jacarandá-da-bahia</b>	<i>Dalbergia nigra</i>	Fabaceae	Cruz das Almas, BA	Madeireiro
<b>Jacarandá-branco</b>	<i>Machaerium vestitum</i>	Fabaceae	Irati, PR	RA
	<i>Hymenaea</i>		Rancho Alegre,	
<b>Jatobá</b>	<i>courbaril var. stilbocarpa</i>	Caesalpiniaceae	PR	Apícola, Madeireiro
<b>Jatobá-mirim</b>	<i>Guibourtia hymenifolia</i>	Fabaceae		Madeireiro
<b>Jenipapo</b>	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae		Madeireiro, SAF
<b>Jequitibá-branco</b>	<i>Cariniana estrellensis</i>	Lecythidaceae	Londrina, PR	Madeireiro, RA
<b>Jequitibá-rosa</b>	<i>Cariniana legalis</i>	Lecythidaceae	Mogi Guaçu, SP	Madeireiro, RA
<b>Massaranduba</b>	<i>Manikara spp.</i>	Sapotaceae	Guaraqueçaba,	Madeireiro

Tabela 7 - Espécies nativas do Brasil que apresentaram adaptação funcional e estrutural às condições de solo e de clima da região de Mata Atlântica de Viana, mostrando-se como uma alternativa para recuperação da cobertura vegetal local.

(Conclusão)

Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Origem	Usos
	<i>Matayba</i>			
<b>Miguel-pintado</b>	<i>elaeagnoides</i>	Sapindaceae	Colombo, PR	RA
<b>Mutamba</b>	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	Rolândia, PR	Energia, RA, SAF, RAD
<b>Paricá</b>	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae	Mato Grosso	Madeireiro, RAD
<b>Pata-de-vaca</b>	<i>Bauhinia forficata</i>	Caesalpiniaceae	Paraná	Medicinal, paisagem
<b>Pau-brasil</b>	<i>Caesalpinia echinata</i>	Caesalpiniaceae		Madeireiro, RA
<b>Pau-ferro</b>	<i>Caesalpinia ferrea</i>	Caesalpiniaceae		Paisagismo, madeira
	<i>Piptadenia</i>		Bocaiúva do	
<b>Pau-jacaré</b>	<i>gonoacantha</i>	Mimosaceae	Sul, PR	Energia, RAD
<b>Pau-de-jangada</b>	<i>Apeiba tibourbou</i>	Tiliaceae	Maceió, AL	RA
	<i>Balfourodendron</i>			
<b>Pau-marfim</b>	<i>riedelianum</i>	Rutaceae	Colombo, PR	Madeireiro, paisagem
	<i>Aspidosperma</i>		Tunas do	
<b>Peroba</b>	<i>subincanum</i>	Apocynaceae	Paraná, PR	Madeireiro
	<i>Aspidosperma</i>			
<b>Peroba-rosa</b>	<i>polyneuron</i>	Apocynaceae	Londrina, PR	Madeireiro
<b>Pinheiro-bravo</b>	<i>Podocarpus lambertii</i>	Podocarpaceae	Colombo, PR	RA
<b>Pinheiro-do-paraná</b>	<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucariaceae	Colombo, PR	Alimentação humana Madeireiro
	<i>Schizolobium</i>		Porto Velho,	
<b>Pinho-cuiabano</b>	<i>amazonicum</i>	Caesalpiniaceae	RO	Madeireiro
<b>Pitangueira</b>	<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	Rolândia, PR	Alimentação humana
<b>Pupunha</b>	<i>Bactris gasipaes</i>	Areaceae		Alimentação humana
<b>Seringueira</b>	<i>Hevea Brasiliensis</i>	Euphorbiaceae		Madeira, RA, SAF
<b>Sobrasil</b>	<i>Colubrina glandulosa</i>	Rhamnaceae	Londrina, PR	Madeireiro
<b>Tapiá</b>	<i>Alchomea triplinervia</i>	Euphorbiaceae	Colombo, PR	RA
<b>Tento-amarelo</b>	<i>Ormosia paraensis</i>	Fabaceae	Manaus, AM	Artesanato
	<i>Enterolobium</i>			
<b>Timbaúba</b>	<i>contortisiliquum</i>	Mimosaceae	Curitiba, PR	RA
<b>Vassoura-vermelha</b>	<i>Dodonea viscosa</i>	Sapindaceae	Morretes, PR	RAD

Tabela 8 - Espécies exóticas que apresentaram adaptação funcional e estrutural às condições de solo e de clima da região de Mata Atlântica de Viana, mostrando-se como uma alternativa para recuperação da cobertura vegetal local, por meio da recomposição de áreas de reserva legal e áreas de preservação permanente.

Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Origem	Usos
<b>Acácia-pílula</b>	<i>Adenanthera pavonina</i>	Fabaceae	Índia	Madeireiro, Artesanato, paisagístico
<b>Falso-Sândalo</b>				
<b>Azeitona do Ceilão</b>	<i>Elaeocarpus serratus</i>		Ásia	Alimentação humana
			Estados Unidos	
<b>Freixo</b>	<i>Fraxinus excelsior</i>	Oleaceae	Unidos	Paisagístico
				Alimentação humana, Medicinal
<b>Jambolão</b>	<i>Sizigium cumini</i>	Myrtaceae	Índia	
	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Hamamelidaceae	Estados Unidos	Madeireiro, Paisagístico
<b>Liquidâmbar</b>			Costa do Marfim	
<b>Mogno-africano</b>	<i>Khaya ivorensis</i>	Meliaceae	Marfim	Madeireiro, SAF
<b>Moringa</b>	<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	Índia	Medicinal, Paisagístico
<b>Palmeira Areka</b>	<i>Dyopsis lutescens</i>	Areaceae	Africa	Paisagístico
	<i>Archontophoenix cunninghamiana</i>	Palmaceae	Austrália	Alimentação humana, paisagístico
<b>Palmeira Real</b>				
	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	Taxodiaceae	China	Madeireiro, Paisagístico
<b>Pinheiro - Chinês</b>				
	<i>Cryptomeria japonica</i>	Taxodiaceae	Japão	Madeireiro, paisagístico
<b>Pinheiro-japonês</b>			Estados Unidos	
<b>Pinheiro-do-brejo</b>	<i>Taxodium distichum</i>	Taxodiaceae	Unidos	Madeireiro, Paisagístico
				Alimentação humana, Apícola, Madeireiro
<b>Quiri</b>	<i>Paulownia fortunei</i>	Scrophulariaceae	China	
<b>Teca</b>	<i>Tectona grandis</i>	Verbenaceae	Índia	Madeireiro
<b>Terminália</b>	<i>Terminalia ivorensis</i>	Combretaceae	Índia	Madeireiro
				Alimentação humana, Apícola, Madeireiro
<b>Uva-do-Japão</b>	<i>Hovenia dulcis</i>	Rhamnaceae	Japão	

Seis espécies exóticas completaram seus ciclos reprodutivos e mostraram bom ganho de biomassa, possuem bom vigor e boa taxa de crescimento, aparentando estar completamente adaptadas: *Adenanthera pavonina* (Falso Sândalo), *Sizigium*

*cumini* (Jambolão), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano), *Cryptomeria Japonica* (Pinheiro Japonês), *Archontophoenix cunninghamiana* (Palmeira Real) e *Tectona grandis* (Teca).

Outras sete delas ainda não completaram seus ciclos reprodutivos, sendo incerto se não atingiram sua maturidade fisiológica (grupos ecológicos tardios) ou se são espécies bianuais, porém mostraram um bom desenvolvimento vegetativo: *Elaeocarpus serratus* (Azeitona do Ceilão), *Moringa Oleifera* (Moringa), *Liquidambar styraciflua* (Liquidâmbar), *Fraxinus excelsior* (Freixo), *Terminalia ivorensis* (Terminália), *Taxodium distichum* (Pinheiro do brejo) e *Paulownia fortunei* (Quiri).

Outras três espécies apresentaram floração e frutificação em pequena intensidade, recebendo a nota mínima para registro da fenofase e aparecendo em uma única vez ao longo dos 12 meses: *Tipuana tipu* (Tipuana), *Hovenia dulcis* (Uva do Japão) e *Cunninghamia lanceolata* (Pinheiro chinês).

As demais espécies, cinco no total, que não aparecem na tabela 08 e nas considerações, não mostraram adaptação às condições edafoclimáticas do local de estudo, não sobreviveram ou estão lutando com dificuldade para se instalar na área, são elas: *Quercus acutissima* (Carvalho Japonês), *Cupressus lusitânica* (Cipreste), *Araucaria columnaris* (Pinheiro de Natal), *Koelreuteria paniculata* (Quereutéria) e *Tamarindus indica* (Tamarindo).

Vale destacar as espécies *Adenantha pavonina* e *Sizigium cumini*, por demonstrar florescimento e frutificação ao longo de praticamente todo o ano, sem presença aparente de pragas, com aspecto saudável e mostrando que se instalaram com êxito na região de estudo. São espécies com potencial madeireiro e para alimentação humana, respectivamente. *Khaya ivorensis* e *Elaeocarpus serratus* apresentaram o maior ganho de biomassa dentre as espécies originárias de outros países, no período de estudo, mostrando-se também como boa alternativa para o uso a que se destina este estudo.

### **5.3.1. Espécies de maior representatividade**

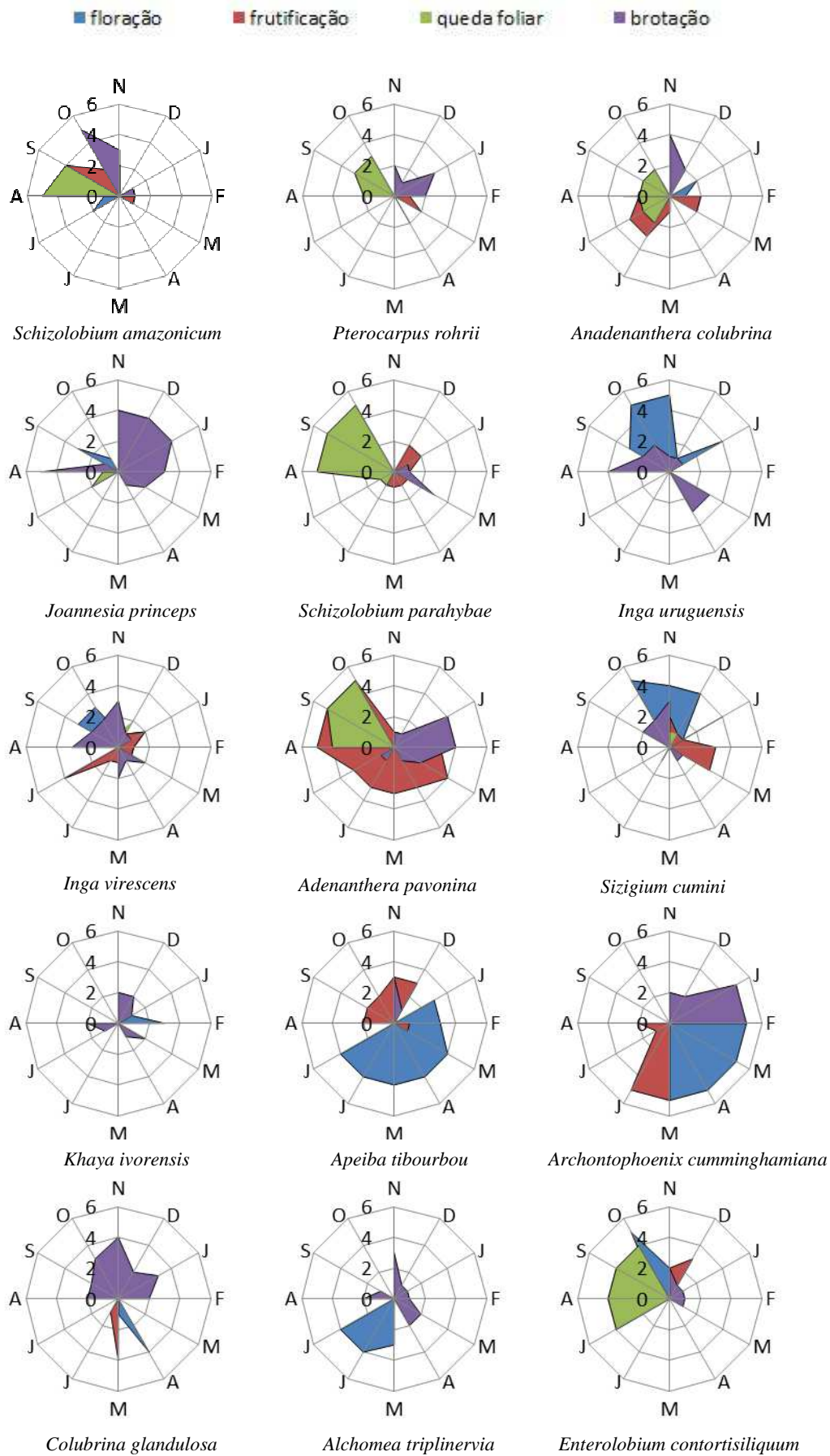


Figura 11 Histogramas de frequência mensal das 15 espécies arbóreas mais representativas em crescimento, com os maiores índices (ICC), em cada fenofase, no Arboreto Botânico.

### 5.3.2 Senescência e brotação

No Arboreto Botânico, a estação seca caracteriza-se pela diminuição da disponibilidade de água no solo, diminuição no fotoperíodo e na temperatura, contribuindo dessa maneira para abscisão foliar de algumas espécies arbóreas. A queda de folhas, para uma parte das espécies estudadas do Arboreto, acompanhou a sazonalidade na precipitação durante a estação seca, porém a maioria das espécies perdeu folhas ao longo de todo o ano, mas com pouca intensidade.

Em diversos trabalhos de fenologia, a queda de folhas está relacionada com a estação seca, principalmente em ambientes que apresentam forte sazonalidade climática, com uma estação seca bem definida (JANZEN 1967; MORELLATO et al. 1989; MORELLATO; LEITÃO-FILHO 1990, 1996; MORELLATO 1991; JUSTINIANO; FREDERICKSEN 2000).

Para Morellato (1991), existe uma relação estreita entre queda de folhas e estacionalidade climática. Em seu estudo na Reserva de Santa Genebra/SP-Brasil, a deficiência hídrica foi o principal fator associado à perda de folhas e algumas das espécies estudadas apresentaram queda de folhas mais intensa ou repetida no ano em que a estação seca foi mais rigorosa.

A deciduidade foliar representa uma adaptação vegetativa principalmente contra a perda de água e também para a sobrevivência da espécie por um período desfavorável (REICH; BORCHERT 1984). Assim como a queda de folhas, o brotamento apresentou sincronia interespecífica nas espécies estudadas do Arboreto, tendo a precipitação após o período de estresse hídrico como o principal fator de desencadeamento do brotamento foliar. Morellato (1991) cita que o principal fator na influência dos padrões fenológicos das espécies tropicais é a precipitação, principalmente em florestas tropicais com estações bem definidas e sazonalidade evidente na precipitação anual (MACHADO et al. 1997).

O fluxo de produção de novas folhas em florestas tropicais sazonais normalmente ocorre do final da estação seca ao início da estação chuvosa, relacionando, dessa maneira, a produção de folhas à precipitação (FRANKIE et al. 1974; FOURNIER 1976; MORELLATO et al. 1989; MORELLATO 1991).

A perda de folhas em algumas espécies pode induzir o brotamento, uma vez que reduziria a perda de água pela planta, produzindo assim a reidratação dos ramos sem folhas e a produção de novas folhas, mesmo em períodos secos (REICH; BORCHERT 1984). Em muitas espécies tropicais é comum encontrar o episódio em que a queda foliar parece induzir o brotamento como em espécies de floresta seca da Costa Rica (REICH; BORCHERT 1984), em espécies arbóreas de regiões áridas da Venezuela (MEDINA et al. 1985) e em espécies de floresta de altitude do sudeste do Brasil (MORELLATO et al. 1989).

O brotamento foliar é potencialmente limitado por um pequeno grupo de fatores abióticos: água, fotoperíodo, CO<sub>2</sub> e minerais; e significativas mudanças sazonais em que alguns desses fatores podem exercer uma força seletiva sobre o comportamento fenológico das plantas (VAN SCHAİK et al., 1993). No Arboreto, a maioria das espécies foi classificada como perenifólias (88,07%) e semidecíduas (9,17%) - fato que talvez seja explicado por se encontrarem em um local de pouca alternância sazonal, pois quase 90% das espécies se comportaram como perenifólias, as quais são mais comuns em lugares que apresentam pouca diferença nas mudanças climáticas, indicando que, provavelmente, estas espécies possuem maior adaptação ao local estudado. Talora; Morellato (2000) encontraram 91% de espécies perenifólias em uma floresta de planície litorânea de São Paulo, que é um ambiente pouco sazonal. Morellato et al. (1989), em floresta de altitude, indicaram 46,4% das espécies como perenifólias e 32% como semidecíduas.

Segundo Morellato (1991), em florestas semidecíduas do sudeste do Brasil, a presença de grande quantidade de espécies decíduas provavelmente seria uma adaptação à sazonalidade ambiental, existindo uma relação estreita entre deciduidade e estacionalidade climática. A queda de folhas pode ser provocada pelo estresse hídrico e algumas espécies arbóreas de florestas tropicais podem alternar de decíduas a semidecíduas ou perenifólias, dependendo do grau de disponibilidade hídrica no ambiente em que se encontram (REICH; BORCHERT 1984).

### 5.3.3 Floração

A sazonalidade da floração observada no Arboreto, onde 43 das 109 espécies floresceram, sendo que a maioria (31 espécies) floresceu na estação úmida, sugere que o clima é um dos principais fatores reguladores desta fenofase. Este tipo de comportamento fenológico, onde a floração se concentra no período chuvoso, é característico de regiões onde o clima é mais úmido e uniforme, como na floresta Atlântica (Morellato et al., 2000) e na floresta semidecídua (Morellato 1991) do sudeste do Brasil. Em locais com fatores ambientais que apresentam pouca sazonalidade, com climas uniformes, também há a ocorrência da influência das variáveis climáticas sobre as fenofases das espécies, porém de maneira menos evidente do que em áreas cujo clima apresenta maior sazonalidade.

No Arboreto, espécies em maior número começaram a florescer no início da estação úmida. Verificou-se também que a maior parte das espécies que floresceram e frutificaram o fizeram regularmente ao longo de todo o ano. Floração com periodicidade regular foi observada em muitas florestas tropicais (Morellato et al. 1989; Morellato 1991; Talora ; Morellato 2000).

De acordo com as estratégias de floração propostas por Gentry (1974), podemos dizer que a maioria das espécies do Arboreto apresentou floração do tipo “cornucópia”, na qual há produção de várias flores por várias semanas. Entre as quinze espécies com os maiores índices de crescimento observou-se também as estratégias *Big Bang* e *Multiple Bang*.

*Big Bang*, de acordo com Gentry (1974), é caracterizada por uma explosão de produção de flores associada e sincronizada com uma determinada estação do ano, geralmente a estação seca. Esta estratégia foi observada nas espécies *Schizolobium amazonicum*, *Pterocarpus rohrii*, *Khaya ivorensis* e *Colubrina glandulosa*.

*Multiple Bang* é caracterizada por curtos períodos de floração, variando de alguns dias a semanas, através de praticamente o ano inteiro, sendo observada na espécie *Adenantha pavonina*.

Além das relações propostas entre a floração e os fatores ambientais, a floração pode ser influenciada também pela combinação de fatores bióticos, como a polinização (Borchert 1983; Morellato 1991). Segundo Gentry (1974), a capacidade das espécies em atrair polinizadores é também um fator determinante para o sucesso de seu estabelecimento num determinado local.

#### **5.3.4 Frutificação**

O padrão de frutificação das espécies estudadas no Arboreto também foi regular, com as espécies frutificando ao longo do ano. Algumas espécies mantiveram seus frutos presos aos galhos por um período mais longo. A maioria das espécies apresentando frutificação periódica anual longa (53,1%) e sazonal (46,9%).

Segundo Fournier ; Salas (1966), a frutificação na estação seca proporciona às plântulas a estação úmida inteira para desenvolver o sistema radicular antes da próxima estação seca. As espécies anemocóricas preferencialmente frutificam na estação seca, a qual apresenta algumas vantagens para dispersão destes tipos de diásporos, devido à baixa precipitação, menor umidade relativa do ar e ventos constantes, porém no Arboreto esse padrão de comportamento não foi observado, a exemplo das espécies do gênero *Centrolobium* que iniciaram o ciclo reprodutivo na estação úmida e permaneceram com frutos ao longo de toda a estação. As espécies zoocóricas frutificaram no final da estação seca e por toda a estação úmida. Com o início da estação úmida, ocorre um período de melhores condições para a germinação e o crescimento de plântulas.

Curiosamente, observou-se que alguns dos frutos da espécie *Schizolobium amazonicum* não foram fecundados. Apesar da exuberante floração e frutificação, houve uma considerável quantidade de frutos chochos, vazios e que ao tocar o solo se mostraram inférteis. De acordo com a circular 142 de 2007 do IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais), os vetores de polinização desta espécie são essencialmente abelhas e diversos insetos pequenos. Talvez o fato de existirem frutos não fecundados no chão possa estar relacionado à insuficiência de polinizadores ou a preferência destes por outras flores melíferas. Talvez essa questão devesse ser pesquisada além do que este trabalho se propôs, em face da

importância de tal mecanismo para a sobrevivência e permanência das espécies no ambiente.

#### 5.4 INFESTAÇÃO DE PRAGAS

Boa parte das espécies sofreu algum tipo de infestação cerca de 40% do total em estudo, provocado principalmente por insetos da ordem Lepidoptera (lagartas desfolhadoras). Essas infestações possuem intensidade variada, podendo ser leve, moderada e severa, dentro da escala que foi proposta no estudo (0 a 5). Algumas espécies, no entanto, mostraram ser mais atrativas para as pragas, como é o caso das espécies do gênero *Centrolobium* (Figura 13). Foi possível observar um pico de infestação mais severa nos meses de novembro, março e agosto com queda acentuada no início do período mais seco e frio (Figura 12). Apesar da severa infestação, as espécies se mostraram resistentes, conseguiram completar os ciclos reprodutivos e crescer.

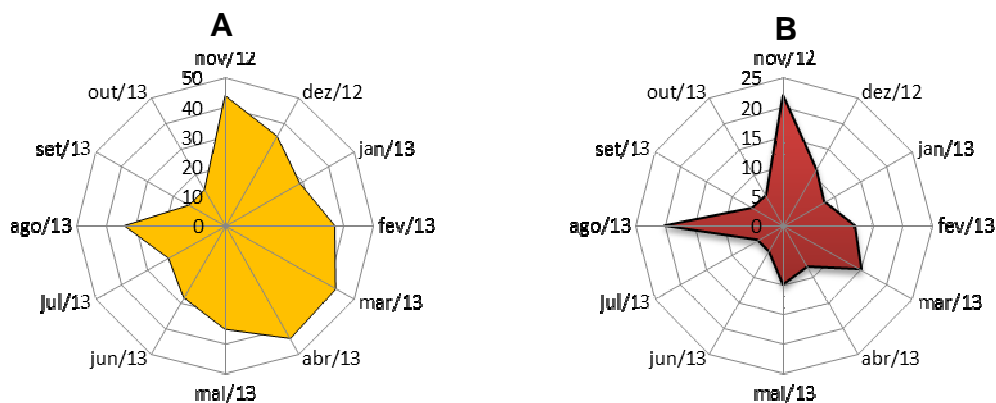


Figura 12 Histogramas circulares de frequência relativa mensal de espécies infestadas por pragas no arboreto botânico, fazenda experimental Engº Agr. Reginaldo Conde, Jucuruaba, Viana, ES. A. número de espécies que sofreram infestação de algum grau na escala proposta neste trabalho; B. número de espécies que sofreram infestação severa, classificado como 3 ou maior.

Apesar dessa infestação agressiva, as espécies do gênero *Centrolobium* mostraram-se adaptadas às condições da área de estudo. Seu crescimento atingiu o esperado para árvores adultas das espécies nas condições naturais e com aproximadamente a mesma idade (LORENZI, 2002).



Figura 13 Fotografia com destaque para a infestação severa de lagartas desfolhadoras em Araribá Amarelo – *Centrolobium microchaete* classificado com nota 4 da escala intervalar de 0 a 5. (Foto: Jesus F. M. Barbosa).

A infestação registrada foi provocada principalmente por lagartas desfolhadoras e durante praticamente o ano inteiro. As infestações mais severas se concentraram principalmente em 11 espécies do arboreto, conforme Tabela 9.

A figura 12B mostra três picos de infestação mais intensa ao longo do ano, englobando entre 15 e 22 espécies por pico. O que pode explicar esses picos de infestação, talvez seja o ciclo reprodutivo da praga, já que o intervalo entre um pico e outro é de três meses, tempo suficiente para que o inseto completasse seu ciclo de vida, passando pelos vários instares até chegar à fase adulta e reiniciar todo o processo novamente. Apesar da severidade, as espécies não se abateram, pelo contrário, algumas floresceram, frutificaram e cresceram normalmente, com exceção de *Bombacopsis glabra* (Castanha da Praia) que ao longo do ano apresentou pouca área foliar e não floresceu no período de análise. *Fraxinus excelsior*, *Tabebuia heptaphylla*, *Cariniana estrellensis* e *Terminalia ivorensis* também não apresentaram

floração e frutificação, porém seu desenvolvimento vegetativo ocorreu naturalmente, apesar da carga de lagartas desfolhadoras. *Centrolobium microchaete*, *Centrolobium robustum* e *Centrolobium tomentosum*, floresceram e frutificaram abundantemente durante os 12 meses de estudo. *Terminalia argentea*, *Lafoensia pacari* e *Colubrina glandulosa* floresceram e frutificaram uma vez durante o período de estudo e apresentaram crescimento normal compatível com a idade (LORENZI 2002).

Tabela 9 - Espécies com infestação severa de pragas, com nota média igual ou superior a 3.

Nome comum	Nome Científico	Severidade da infestação no ano <sup>1</sup>
Araruva	<i>Centrolobium tomentosum</i>	4
Terminália	<i>Terminalia ivorensis</i>	4
Araribá Amarelo	<i>Centrolobium microchaete</i>	3
Araribá Rosa	<i>Centrolobium robustum</i>	3
Capitão do Campo	<i>Terminalia argentea</i>	3
Castanha da Praia	<i>Bombacopsis glabra</i>	3
Dedaleiro	<i>Lafoensia pacari</i>	3
Freixo	<i>Fraxinus excelsior</i>	3
Ipê Rosa	<i>Tabebuia heptaphylla</i>	3
Jequitibá Branco	<i>Cariniana estrellensis</i>	3
Sobrasil	<i>Colubrina glandulosa</i>	3

<sup>1</sup> Escala de notas de zero a cinco onde zero é a ausência da presença de sintomas de doença ou infestação de praga, e, cinco, a morte dos órgãos da planta devido à doença ou infestação da praga.

Com relação a incidência de doenças e respeitando a escala intervalar proposta neste trabalho, não foi detectada a presença de patógenos em quantidade que pudesse prejudicar o desenvolvimento das espécies. Porém, caso seja de interesse

científico, recomenda-se um estudo mais profundo no tema, além do que foi proposto neste trabalho.

## 5.5 ANÁLISES FOTOSSINTÉTICAS E FENOLÓGICAS

### 5.5.1 Seleção da espécie para análise fisiológica

Após um ano de acompanhamento do desenvolvimento da espécie *Schizolobium amazonicum*, observou-se um crescimento de 70 centímetros na altura da planta e de 12,9 centímetros na circunferência a altura do peito, o que é equivalente a um ganho de 4,10 cm no diâmetro do tronco (Figura 14). Os parâmetros silviculturais são mostrados na Tabela 6.

A espécie floresceu e frutificou acompanhando a sazonalidade climática. De acordo com as estratégias de floração propostas por Gentry (1974), a espécie apresentou floração do tipo “Big Bang”, na qual há um pico de floração em massa.

A queda foliar se mostrou intensa no momento da floração, onde houve um pico de queda, chegando a restar pouquíssimas folhas na copa, retornando com o brotamento assim que os frutos amadureceram. A intensidade dos eventos fenológicos para a espécie pode ser observada na Figura 15.

Com relação à infestação de pragas, a espécie se mostrou muito resistente. Não foi observado no período de estudo infestação de nenhuma praga nas partes externas da planta. Caso este tenha ocorrido, foi de intensidade tão baixa a ponto de não ser detectado a olho nu e passar despercebido.

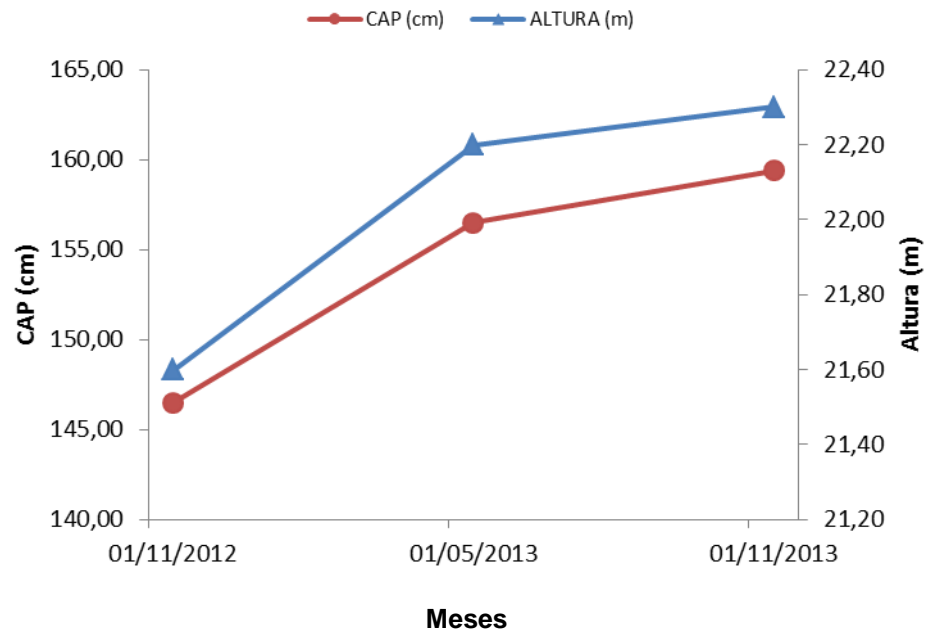


Figura 14 Crescimento da altura e da circunferência à altura do peito (CAP) de *Schizolobium amazonicum* no período de doze meses, nas condições edafoclimáticas da Fazenda experimental Engº Agr. Reginaldo Conde, Jucuruaba, Viana, ES.

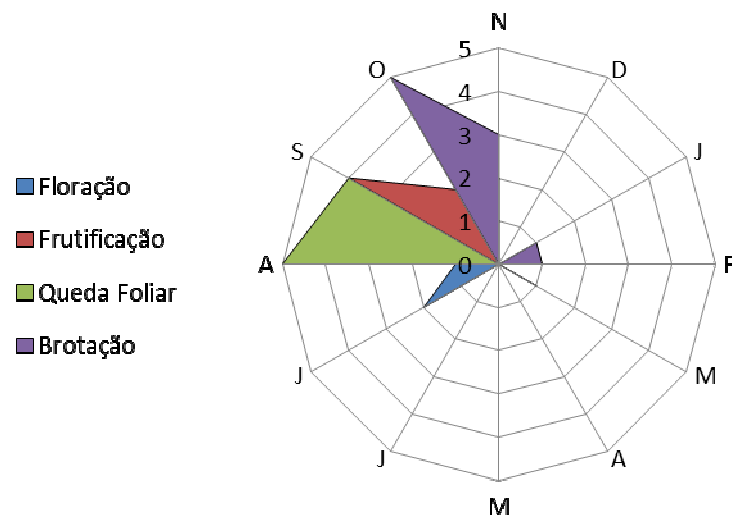


Figura 15 Histograma de frequência relativa mensal da espécie *Schizolobium amazonicum* em cada fenofase no arboreto botânico, fazenda experimental Engº Agr. Reginaldo Conde, Jucuruaba, Viana, ES.



Figura 16 Caixotes fabricados a partir da madeira de Pinho Cuiabano. Fotografia tirada em setembro de 2013, os caixotes são usados para transporte de produtos em uma padaria de Vitória – ES (Foto: Celso Barbosa).

### 5.5.2 Fluorescência da Clorofila

A espécie apresentou menores valores de rendimento quântico efetivo do fotossistema II ( $Y_{II}$ ) no período em que iniciava o brotamento e finalizava a frutificação, coincidentemente o período mais úmido (Figura 17). Os valores de  $Y_{II}$  para o período vegetativo e coincidentemente mais seco mostraram-se maiores em relação ao período úmido e final da frutificação, indicando que a energia luminosa absorvida e convertida em energia fotoquímica foi maior durante a fase vegetativa. A figura 17 mostra claramente essa diferença nos valores de  $Y_{II}$  no final da fase reprodutiva e início da rebrota (enfolhamento).

A figura 17 também mostra que o aumento nos valores de  $Y_{II}$  durante o período mais seco pode ser confirmado pela imagem de fluorescência da clorofila, mostrando que houve uma taxa de conversão da energia luminosa em fotoquímica maior na fase

vegetativa e menor ação dos *quenchings* nesta época. A ação dos *quenchings* fotoquímico e não fotoquímico resultaria na conversão do excedente de energia luminosa em calor, impedindo que a energia solar não utilizada se tornasse danosa para a planta.

No final da fase reprodutiva a ação dos *quenchings* provocou diminuição do  $Y_{II}$ , pois a energia luminosa que não foi convertida em energia fotoquímica, foi expulsa na forma de calor ou através do fechamento dos centros de reação do fotossistema II. Esse fenômeno provocou um menor rendimento efetivo do FSII durante o mês de outubro.

As imagens de fluorescência da clorofila relatam um decréscimo no sinal de fluorescência que foi observado pelos descontínuos e irregulares tons de cores distribuídos ao longo da lâmina foliar.

Uma queda no rendimento quântico efetivo do FSII mostra que uma porcentagem da luz absorvida não é convertida em energia fotoquímica pela separação de cargas fotoquímica dos centros de reação do FSII (DOS ANJOS et al., 2012). Por outro lado, a luz não aproveitada é dissipada em forma de calor, como pode ser visto pelo aumento do  $Y_{NPQ}$  no período mais úmido. Essa afirmação pode ser corroborada pela imagem de fluorescência, figura 17 imagens B e C, correspondentes a fluorescência do  $Y_{II}$ , mostrando que as moléculas de clorofila apresentavam-se menos excitadas no período reprodutivo, portanto menor aproveitamento da energia luminosa para uso fotoquímico e maior conversão em forma de calor.

Segundo Guidi e Degl'Innocenti (2011), o *quenching* não fotoquímico da fluorescência é um parâmetro muito importante que dá uma indicação da dissipação de energia não radioativa das antenas de captação da luz no FSII, sendo extremamente importante, levando-se em conta que o nível de dissipação de energia nas antenas pode ser regulado para proteger o FSII da fotoinibição. Com base nessa afirmação, podemos dizer que a espécie, apesar de mostrar menores valores de  $Y_{II}$  durante o final da fase reprodutiva, também estaria mais capacitada para evitar a fotoinibição nesse período.

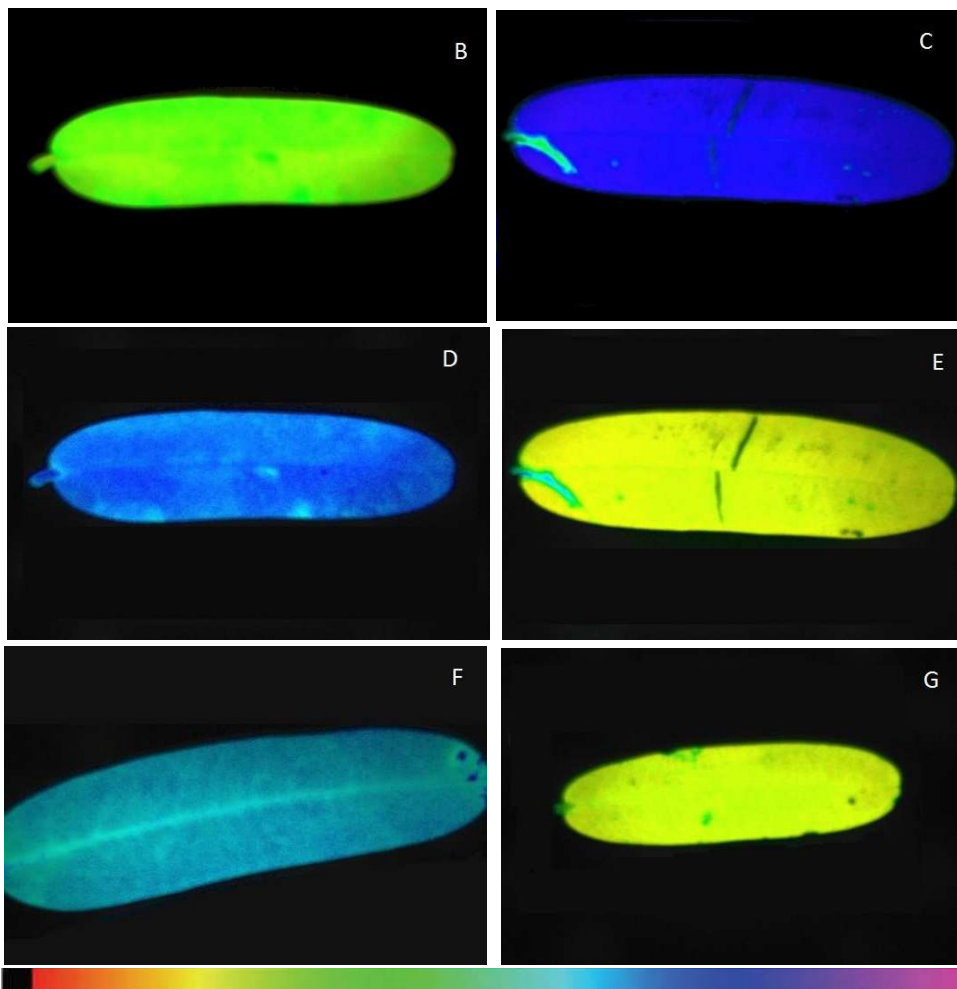
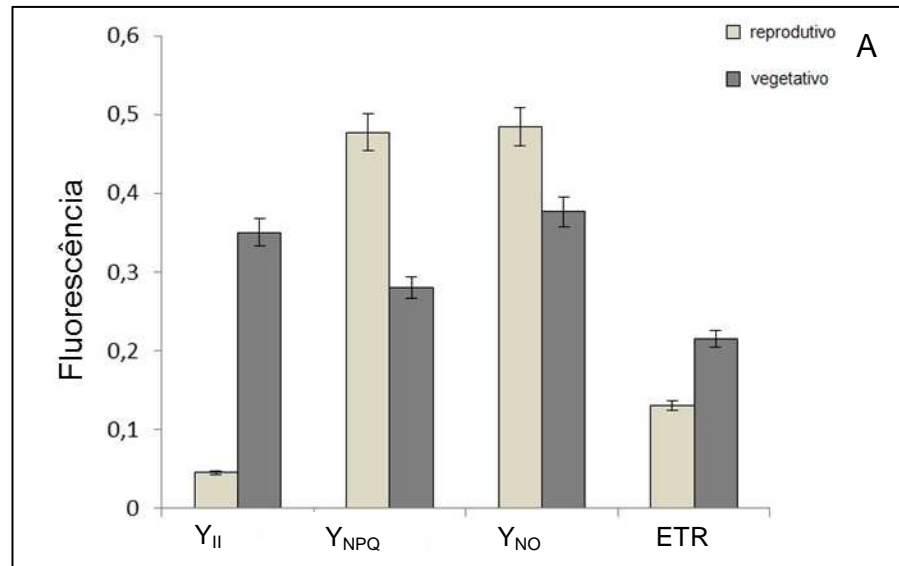


Figura 17 (A) Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* obtidos em folhas de *Schizolobium amazonicum* no período reprodutivo e no período vegetativo; imagens da fluorescência da clorofila *a* representando o rendimento quântico efetivo do FSII ( $Y_{II}$ ) no período reprodutivo (B) e período vegetativo (C); rendimento quântico da dissipação de energia não-fotoquímica, regulada, do FSII ( $Y_{NPQ}$ ) no período reprodutivo (D) e período vegetativo (E), rendimento quântico da dissipação de energia não-fotoquímica, não-regulada, no FSII ( $Y_{NO}$ ) no período reprodutivo (F) e no período vegetativo (G). ETR = taxa de transporte linear de elétrons. Desvio médio Padrão ( $<0.05$ ;  $n = 10$ ). A escala de cores abaixo das imagens de fluorescência corresponde a valores variando de 0 a 1, ou preta e púrpura, respectivamente.

$Y_{NO}$  representa a energia luminosa perdida pelas antenas de carotenoides do fotossistema II, constitui o parâmetro secundário do *quenching* não fotoquímico e está associado à fotoinibição crônica e a outros processos associados aos centros de reação do FSII (DOS ANJOS et al, 2012). Para esse parâmetro, observamos que durante a estação com menor disponibilidade hídrica houve também menor dissipação da energia luminosa e conseqüentemente menor perda por calor e melhor aproveitamento da energia solar.

Altos valores de  $Y_{NO}$  e baixos valores de  $Y_{NPQ}$  refletem uma capacidade de fotoproteção abaixo do ideal, que eventualmente poderá provocar fotoinibição (KLUGHAMMER; SCHREIBER 2008, apud DOS ANJOS et al, 2012, p.105).

Esse foi o caso da espécie no período vegetativo que coincidiu com o período mais seco, mostrando um aumento substancial de  $Y_{NO}$  e valores menores de  $Y_{NPQ}$ , portanto uma baixa razão  $Y_{NO}/Y_{NPQ}$  que pode favorecer os danos causados pelo excesso de luminosidade.

Baixos valores de  $Y_{NPQ}$  e altos níveis de  $Y_{NO}$  também foram observados em plantas tolerantes a sombra, que foram transferidas de um ambiente de radiação solar controlada para um ambiente a sol pleno (DOS ANJOS et al, 2012), indicando que essas espécies eram mais susceptíveis a fotoinibição e possuíam baixa capacidade de aclimatação ao ambiente com alta irradiação luminosa. Talvez esse fato possa classificar a espécie como uma planta tolerante a sombra e pouco exigente em luz.

Um aumento no rendimento em  $Y_{NPQ}$  significa uma redução no aproveitamento da energia luminosa e conversão da mesma em energia fotoquímica, portanto há maior dissipação da luz em forma de calor e queda no rendimento em FSII, porém pode ser um bom indicador da alta capacidade da planta em combater a fotoinibição (GUIDI; DEGL'INNOCENTI, 2011). A espécie *Schizolobium amazonicum* demonstrou maior dissipação de energia não fotoquímica durante o período de maior disponibilidade hídrica, em que a planta iniciava o brotamento e finalizava a fase reprodutiva, com presença de algumas folhas jovens, mostrando que apesar de ter

menor conversão da luz em energia fotoquímica, o aparato fotossintético da planta apresentou maior eficiência para evitar a fotoinibição.

Durante o período mais seco, a espécie se mostrava no estado vegetativo, porém iniciou a fase reprodutiva em duas semanas e apresentou os primeiros sinais de floração, com presença de botões florais e contava com muitas folhas maduras e uma exuberante copa. Nessa fase as análises de fluorescência indicaram menor taxa de  $Y_{NPQ}$  em relação ao período mais úmido, indicando que nesse período a espécie apresentou dissipação térmica menos eficiente, porém melhor conversão da luz em energia fotoquímica, já que o  $Y_{II}$  foi maior em agosto. Os resultados podem ser corroborados pelas imagens de fluorescência (Figura 17).

Entretanto para se ter uma ideia melhor a respeito de danos por fotoinibição, devemos estar atentos ao outro parâmetro bastante utilizado que descreve a dissipação de energia, que é a relação  $F_v'/F'_m$ , uma estimativa da máxima eficiência quântica do FSII, quando todos os centros de reação do fotossistema II estão abertos. Isto pode ser usado para determinar a taxa de transporte de elétrons (ETR) (GUIDI; DEGL'INNOCENTI, 2011), um parâmetro que também é associado à proteção do fotossistema II contra a fotoinibição. Na Figura 17 observamos que a taxa de transporte de elétrons foi maior no período vegetativo.

Segundo Quigg (2012), em seu artigo sobre a comparação da ecofisiologia de quatro espécies arbóreas na região costeira do Alasca, espécies tolerantes a sombra tendem a ter uma menor capacidade de fotoproteção através dos mecanismos de *quenching* não fotoquímico.

## 6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Das 109 espécies estudadas no Arboreto, 88,07% foram classificadas como perenifólias e 9,17% como semidecíduas.
  
- Dentre as espécies nativas e exóticas, 78 mostraram adaptação funcional às condições de solo e clima da região de Viana, podendo ser recomendadas para projetos de recomposição de áreas de reserva legal e de proteção permanente no município e também em municípios vizinhos que apresentem as mesmas condições ambientais.
  
- Trinta e uma espécies aparentemente não são boas opções para plantio na região, quinze delas apresentaram dificuldades em se estabelecer na área de estudo e dezesseis não sobreviveram.
  
- O maior índice de queda de folhas observado em toda a população do arboreto ocorreu entre setembro e novembro, estação mais seca na área de estudo. O brotamento foliar iniciou-se na estação úmida e despencou logo no início da estação seca. A floração apresentou duas quedas bruscas, uma no fim da estação mais seca e outra no início da estação mais úmida, nos meses de agosto e dezembro, respectivamente. A frutificação sucedeu a floração apresentando apenas uma queda brusca ao longo do ano, observada no mês de dezembro, e manteve uma frequência de pelo menos quinze espécies com frutos ao longo do ano inteiro.
  
- As análises de fluorescência da clorofila, indicaram que a espécie *Schizolobium amazonicum* é uma opção para uso em programas de recomposição de reserva legal e APP na região de estudo, bem como para uso em plantios comerciais pois se mostrou totalmente adaptada.
  
- Espécies originárias de outros domínios mostraram capacidade de adaptação e se estabeleceram com sucesso às condições de solo e clima de Viana-ES.

- Vinte e nove espécies mostraram índices de crescimento acima da média quando comparadas com as demais espécies em estudo, sendo que quinze delas também floresceram e frutificaram abundantemente nos doze meses de estudo.
- A infestação por pragas foi maior nas espécies do gênero *Centrolobium* e *Terminalia*, porém não foi o suficiente para prejudicar o estabelecimento destas.
- Outras conclusões a respeito da capacidade de adaptação e de potencial para uso econômico das espécies do Arboreto, podem ser retiradas de estudos mais aprofundados, com experimentos que envolvam maior número de indivíduos e contendo outras variáveis.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABREU, M. F., J. C. ANDRADE, A. A. FALCÃO. Protocolos de análises químicas. In J. C. (J.C Andrade e M.F. Abreu, eds.). **Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais**. Campinas: IAC, p.121-1581, 2006.
- ALBERTS, B., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., WALTER, P. *Molecular Biology Of The Cell*. 5th ed. Garland, New York, 2008.
- BATALHA, M.A.; W. MANTOVANI. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.60, n.1, p.129-145. 2000.
- BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de Floresta Atlântica no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n.2, p. 237–248. 2002.
- BUDOWSKI, G. N. Distribution of tropical American rain forest species in the light of succession processes. **Turrialba**, 1965.
- CARMO, M.R.B.; P. MORELLATO. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da bacia do rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil. In:Rodrigues, R.R. & Leitão-Filho, H. (eds.). **Matas ciliares, conservação e recuperação**, 2000, p. 125-141.
- DOS ANJOS, L., M. A. OLIVA, K. N. KUKI. Fluorescence imaging of light acclimation of brazilian atlantic forest tree species. Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa (DBV/UFV), Av. PH Rolfs, s/n, Viçosa, Brasil, 2012.
- DUBOC E. Desenvolvimento inicial e Nutrição de Espécies Arbóreas Nativas Sob Fertilização, em plantios de recuperação de Áreas de Cerrado Degradado. 2005. 175 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solo, Rio de Janeiro. 1997.
- EMBRAPA. Boletim de pesquisa e desenvolvimento: Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais, Campinas, v. 8, n. 1, novembro, 2010.
- FOURNIER, L.A.; SALAS, S. Algunas observaciones sobre la dinamica de la floracion en el bosque humedo de Villa Collon. **Revista de Biologia Tropical**, San José, v.14, n. 1, p. 75-85, 1966.
- FOURNIER, L.A.; C. CHARPANTIER. El tamanho de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. **Turrialba**, San José, v.25, n. 1, p. 45-48. 1975.

FOURNIER, L.A. Observaciones fenológicas en el bosque húmedo pré-montano de San Pedro de Montes Oca, Costa Rica. **Turrialba**, San José, v. 26, n. 1, p. 54-9. 1976.

FRANKIE, G.W., BAKER, H.G. & OPLER, P.A. Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica. *Journal of Ecology*. 1974.

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*, V.5, 1999.

GENTLY, B., BRIANTAIS, J., BAKER, N.R.: The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and *quenching* of chlorophyll fluorescence. – *Biochimica et Biophysica*, 87- 92. 1989.

GENTRY, A.H. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, Missouri, v.6, p.64-68. 1974.

GEOBASES. Governo do Estado do Espírito Santo. Mapa de Solos. Disponível em: <http://www.geobases.es.gov.br/portal/>. Acesso em 29 jan. 2014.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1-23, 1995.

GONZALEZ, M. A. B. Consideraciones metodológicas para estudios fenológicos em bosques templados de coníferas. **Ciência Forestal**, Ciudad do México, v.13, n. 64. 1988.

GUIDI L., DEGL'INNOCENTI E. Imaging of Chlorophyll a Fluorescence: A Tool to Study Abiotic Stress in Plants, *Abiotic Stress in Plants - Mechanisms and Adaptations*, Prof. Arun Shanker (Ed.), InTech, 2011.

HENDRICKSON, L., FURBANK, R.T., CHOW, W.S.: A simple alternative approach to assessing the fate of absorbed light energy using chlorophyll fluorescence. – *Photosynthesis Research*. Canberra, **82**: 73-81, 2004.

HIGA, A. R.; CARVALHO, P. E. R. de. Sobrevivência e crescimento de doze espécies de eucalipto em Dois Vizinhos, Paraná. Congresso Florestal Brasileiro 6, 1990, Campos do Jordão. Anais. São Paulo, SBS, 1990.p. 459-461. Publicado em *Silvicultura*, v. 3, n. 42, 1990.

JANZEN, D.H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. **Evolution**, Lawrence, v. 21, n. 3, p. 620-37. 1967.

JANZEN, D.H. *Ecologia vegetal nos trópicos*. EPU e EDUSP. São Paulo. 1980.

KERBAUY, G. B. *Fisiologia Vegetal*. Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro, RJ. 2004.

KITAJIMA, M., BUTLER, W.L.: *Quenching* of chlorophyll fluorescence and primary photochemistry in chloroplasts by dibromothymoquinone. *Biochimica et BiophysicaActa*, San Diego, 105-115, 1975.

KLUGHAMMER, C., SCHREIBER, U.: Complementary FSII quantum yield calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and the saturation pulse method. – *PAM Application Notes* **1**: 27-35, 2008.

KOCHMER, J.P.; S.N. HANDEL. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. **Ecological Monographs**, Connecticut, v.56, n. 4, p. 303-325. 1986.

LOCATELLI, E.; I.C. MACHADO. Bee diversity and their floral resources in a fragment of a tropical altitudinal wet forest (“Brejos de altitude”) in Northeastern Brazil. *Acta Horticulturae*, Hague, 561: 317- 325, 2001.

LORENZI H. Árvores brasileiras. Volume 01. Instituto Plantarum. Nova Odessa, SP. 2000.

LORENZI H. Árvores brasileiras. Volume 02. Instituto Plantarum. Nova Odessa, SP. 2000.

MACIEL, M. N. M.; WATZLAWICK, L. F.; SCHOENINGER, E. R.; YAMAJI, F. M. Classificação Ecológica das Espécies Arbóreas. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.2, p. 69-78, abr./jun. 2003.

MACHADO, I.C., L.M. BARROS & E. SAMPAIO. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. *Biotropica*, 58-68. 1997.

MEDINA, E., OLIVARES; D. MARIN. Ecophysiological adaptation in the use of water and nutrients by woody plants of arid and semi-arid tropical regions. **Simposium Medio Ambiente**, Valdivia, v.7, n. 2, p.91-102. 1985.

MORELLATO, L.P.C. **Estudo comparativo de fenologia de duas formações florestais na Serra de Japi, Jundiaí, São Paulo**. 1987. Dissertação de Mestrado, Universidade de Campinas, Campinas, São Paulo. 1987.

MORELLATO, L.P.C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, Campinas, São Paulo. 1991.

MORELLATO, L.P.C. As estações do ano na floresta. In: P.C. Morellato e H.F. Leitão-Filho (orgs). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**. Campinas: Unicamp, p. 37-41, 1995.

MORELLATO, L.P.C. e H.F. LEITÃO-FILHO. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia*, Campinas, v.50, n. 1, p.163-173. 1990.

MORELLATO, L.P.C.; H.F. LEITÃO-FILHO. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: L.P.C. Morellato (org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas: Unicamp/Fapesp, p.112-140, 1992.

MORELLATO, L.P.C.; H.F. LEITÃO-FILHO. Reproductive phenology of climbers in a southeastern Brazilian forest. **Biotropica**, v.28, n. 2, p. 180-191. 1996.

MORELLATO, L.P.C.; H.F. LEITÃO-FILHO; R.R. RODRIGUES; C.A. JOLY. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, Campinas, v. 50, n. 1, p. 149-162. 1990.

MORELLATO, L.P.C.; R.R. RODRIGUES, H.F. LEITÃO-FILHO; C.A. JOLY. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 85-98. 1989.

MORELLATO, L.P.C.; D.C. TALORA, A. TAKAHASHI, C.C. BENCKE, E.C. ROMERA; V.B. ZIPPARO. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. **Biotropica**, Kansas, v. 32, n. 4, p. 811-823. 2000.

DA CUNHA, A.C.M.C.M, PAIVA, H. N., XAVIER, A., OTONI, W. C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, n.58, p.35-47, jan/jun. 2009.

NEWSTROM, L.E., G.W. FRANKIE; H.G. BAKER. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, Kansas, v. 26, n. 2, p. 141-159. 1994.

PRIMACK, R.B. Longevity of individual flowers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Boston, v. 16, p. 15-37. 1985.

REICH, P.B. & BORCHERT, R. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 72:61-74. 1984.

SOMAVILLA, N. S. Aspectos anatômicos, fenológicos e ecofisiológicos de Melastomataceae em vereda e cerrado *sensu stricto*. 2011. 139 p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**. W.H. San Francisco: Freeman & Company, 1969. 776 p.

TALORA, D.C.; P. MORELLATO. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, n. 1, v.23, p.13-26. 2000.

VAN SCHAIK, C.P., TERBORGH, J.W. & WRIGHT, S.J. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 24, p. 353 -377. 1993.

VIANA, V. M. **Seed dispersal and gap regeneration of tropical tree species.** 1989. Tese de Doutorado. Harvard University. Cambridge-Massachusetts. 1989.

ZAR, J.H. **Bioestatistical analysis.** New Jersey: Prentice-Hall, 1996. 662 p.

# APÊNDICES

Apêndice A - Comportamento fenológico, modo de dispersão e deciduidade das espécies florestais arbóreas do Arboreto Botânico, Fazenda Experimental Reginaldo Conde, Viana – ES, no período de novembro de 2012 a outubro de 2013. Sendo : -- fenofase não observada; <sup>1</sup>decídua; <sup>2</sup>semidecídua; sem marcação: sempre verdes ou perenifólia; + espécies não adaptadas; classificação sucessional ecológica C. E.

Famílias	Floração	Frutificação	Queda Foliar	Brotamento	Modo de Dispersão	C.E.*
Espécies						
<b>Anacardiaceae</b>						
<i>Schinus molle</i> (Aroeira-salvo)	--	--	ABR a JUN <sup>2</sup>	DEZ a MAR	Zoocórica	Pioneira
<i>Schinus terebinthifolius</i> (Aroeira-pimenteira)	+	+	+	+	+	+
<b>Annonaceae</b>						
<i>Annona glabra</i> (Ariticum-da-varzea)	DEZ/JAN	JAN	ANO TODO	NOV/DEZ/MAR-AGO	Zoocórica	
<i>Rollinia rugulosa</i> (Ariticum-de-porco)	+	+	+	+	+	+
<b>Apocynaceae</b>						
<i>Aspidosperma olivaceum</i> (Peroba-amarela)	--	--	ANO TODO	NOV/DEZ-AGO	Anemocórica	Clímax
<i>Aspidosperma polyneuron</i> (Peroba-rosa)	--	--	ANO TODO	NOV E AGO	Anemocórica	Clímax
<i>Aspidosperma subincanum</i> (Peroba)	--	--	ANO TODO	NOV a JAN/MAI	Anemocórica	Clímax
<b>Aquifoliaceae</b>						
<i>Ilex paraguariensis</i> (Erva-mate)	+	+	+	+	+	+
<b>Araucariaceae</b>						
<i>Araucaria angustifolia</i> (Pinheiro-do-Paraná)	--	--	ANO TODO	NOV a MAI	Autocórica/Zoocórica	Pioneira
<i>Araucaria columnaris</i> (Pinheiro-de-natal)	+	+	+	+	+	
<b>Bignoniaceae</b>						
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Caroba-de-flor-verde)	FEV	--	ANO TODO	NOV a FEV	Anemocórica	
<i>Tabebuia alba</i> (Ipê-amarelo)	--	--	MAI-AGO <sup>1</sup>	NOV a FEV/SETa OUT	Anemocórica	
<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Ipê-rosa)	--	--	NOV-DEZ <sup>1</sup>	NOV a MAR	Anemocórica	
<b>Bombacaceae</b>						
<i>Bombacopsis glabra</i> (Castanha-da-praia)	DEZ	DEZ a FEV	NOV-JAN <sup>2</sup>	NOV	Zoocórica	

## Apêndice A - (continuação.)

Famílias	Floração	Frutificação	Queda Foliar	Brotamento	Modo de Dispersão	C.E.*
Espécies						
<i>Ceiba speciosa</i> (Paineira)	+	+	+	+	+	+
<b>Caesalpiniaceae</b>						
<i>Bauhinia forficata</i> (Pata-de-vaca)	--	--	JAN-ABR	NOV/DEZ/MAI/JUL/SET	Autocórica	Pioneira
<i>Cassia leptophylla</i> (Grinalda-de-noiva)	+	+	+	+	+	+
<i>Copaifera langsdorffii</i> (Copaíba)	MAR/ABR/MAI	MAI	NOV-JAN <sup>2</sup>	NOV a MAI	Zoocórica	Clímax
<i>Holocalyx balansae</i> (Alecrim)	+	+	+	+	+	+
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i> (Jatobá)	SET	SET/OUT	ANO TODO	NOV a MAI –AGOa OUT	Zoocórica	Clímax
<i>Myrocarpus fastiglatus</i> (Óleo-pardo)	+	+	+	+	+	+
<i>Myrocarpus frondosus</i> (Cabriúva)	--	--	ANO TODO	NOV/DEZ	Anemocórica	Secundária
<i>Peltophorum dubium</i> (Canafístula)	+	+	+	+	+	+
<i>Schizolobium amazonicum</i> (Pinho-cuiabano)	SET	SET/OUT	AGO-SET	NOV/SET A OUT	Autocórica	
<i>Schizolobium parahybae</i> (Guapuruvu)	NOV a MAI	NOV a JUL/SET	ANO TODO	NOV/MAR	Autocórica	
<b>Canellaceae</b>						
<i>Capsico dendrondinisii</i> (Pimenteira)	+	+	+	+	+	+
<b>Clethraceae</b>						
<i>Clethras cabra</i> (Carne-de-vaca)	+	+	+	+	+	+
<b>Clusiaceae</b>						
<i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi)	--	--	ANO TODO	JAN/FEV - AGO		Secundária
<b>Combretaceae</b>						
<i>Terminalia argentea</i> (Capitão-do-mato)	NOV/SET/OUT	NOV/SET/OUT	ANO TODO	JAN/FEV/MAR	Anemocórica	
<i>Terminalia ivorensis</i> (Terminália)	--	--	ANO TODO	NOV a MAR		
<b>Cupressaceae</b>						
<i>Cupressus lusitanica</i> (Cipreste)	+	+	+	+	+	+

## Apêndice A - (continuação.)

Famílias	Floração	Frutificação	Queda Foliar	Brotamento	Modo de Dispersão	C.E.*
Espécies						
<b>Elaeocarpaceae</b>						
<i>Elaeocarpus serratus</i> (Azeitona do Ceilão)	--	--	ANO TODO	ANO TODO	Zoocórica	
<b>Erythroxylaceae</b>						
<i>Erythroxylum argentinum</i> (Cocão)	+	+	+	+	+	+
<b>Euphorbiaceae</b>						
<i>Alchomea triplinervia</i> (Tapiá)	MAI/JUL	MAI/JUL	ANO TODO	NOV a MAR - AGO		Secundária
<i>Joannesia princeps</i> (Boleira)	DEZ/SET	JAN a MAR	ANO TODO	NOV a MAR - AGO	Zoocórica	Pioneira
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Branquinho)	ANO TODO	ANO TODO	ANO TODO	NOV/DEZ – AGO/SET	Autocórica	
<b>Fabaceae</b>						
<i>Adenanthera pavonina</i> (Falso-sândalo)	JAN a AGO	FEV a OUT	ANO TODO	NOV/FEV/MAR/SET	Autocórica	
<i>Centrolobium microchaete</i> (Araribá-amarelo)	DEZ a FEV	FEV a JUL	NOV-JAN <sup>2</sup>	SET	Anemocórica	Secundária
<i>Centrolobium robustum</i> (Araribá-rosa)	JAN a ABR	JAN a OUT	NOV-JAN <sup>2</sup>	NOV/DEZ	Anemocórica	Secundária
<i>Centrolobium tomentosum</i> (Araruva)	JAN a ABR	JAN a OUT	ANO TODO	NOV/SET	Anemocórica	Secundária
<i>Dalbergia nigra</i> (Jacarandá-da-bahia)	NOV/ABR/JUN A SET	NOV/ABR/JUN A AGO	ANO TODO	NOV a MAI	Autocórica	Secundária
<i>Erythrina falcata</i> (Corticeira)	+	+	+	+	+	+
<i>Machaerium vestitum</i> (Jacarandá-branco)	--	--	ABR-MAI <sup>2</sup>	DEZ a MAR	Anemocórica	Secundária
<i>Ormosia arborea</i> (Coronheira)	NOV a MAI	MAI/OUT	ANO TODO	NOV a MAR	Autocórica/Zoocórica	
<i>Ormosia paraensis</i> (Tento-amarelo)	OUT	--	ANO TODO	NOV/DEZ/MAR - AGO		
<i>Poecilanthe parviflora</i> (Coração-de-negro)	NOV	--	ANO TODO	DEZ	Autocórica	Clímax
<i>Pterocarpus rohrii</i> (Aldrigo)	NOVaJAN/OUT	JAN/MAR	ANO TODO	DEZ/JAN/FEV	Anemocórica	
<i>Tipuana tipu</i> (Tipuana)	NOV/DEZ	DEZ	ANO TODO	JAN		
<b>Fagaceae</b>						

## Apêndice A - (continuação)

Famílias	Floração	Frutificação	Queda Foliar	Brotamento	Modo de Dispersão	C.E.*
Espécies						
<i>Quercus acutissima</i> (Carvalho-japonês)	NOV	NOV	ANO TODO	JAN e SET/OUT		
<b>Flacourtiaceae</b>						
<i>Casearia silvestris</i> (Cafezeiro-do-mato)	--	--	ANO TODO	NOV a FEV – SET/OUT		
<b>Hamamelidaceae</b>						
<i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidambar)	--	--	ANO TODO	NOV a MAI – SET/OUT		
<b>Lauraceae</b>						
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Canela-alho)	+	+	+	+	+	+
<i>Ocotea odorifera</i> (Canela-sassafrás)	+	+	+	+	+	Secundária
<i>Ocotea puberula</i> (Canela-guaicá)	+	+	+	+	+	Secundária
<i>Persea major</i> (Pau-de-andrade)	+	+	+	+	+	+
<b>Lecythidaceae</b>						
<i>Bertholletia excelsa</i> (Castanha-do-pará)	--	--	ANO TODO	NOV a MAI- SET/OUT	Zoocórica	
<i>Cariniana estrellensis</i> (Jequitibá-branco)	--	--	ANO TODO	NOV a MAI - SET /OUT	Anemocórica	Secundária
<i>Cariniana legalis</i> (Jequitibá-rosa)	--	--	NOV-DEZ <sup>2</sup>	NOV a MAR - AGO	Anemocórica	Secundária
<b>Lythraceae</b>						
<i>Lafoensia pacari</i> (Dedaleiro)	JAN/FEV	JAN a MAI/AGO	NOV-DEZ <sup>2</sup>	NOV/DEZ	Anemocórica	Secundária
<b>Meliaceae</b>						
<i>Cabralea canjerana</i> (Canjarana)	+	+	+	+	+	Pioneira
<i>Cedrela fissilis</i> (Cedro)	--	--	ANO TODO	NOV a MAR	Anemocórica	Clímax
<i>Cedrela Lilloi</i> (Cedrilho)	+	+	+	+	+	+
<i>Khaya ivorensis</i> (Mogno-africano)	FEV	FEV	ANO TODO	NOV a AGO		
<b>Mimosaceae</b>						
<i>Albizia polycephala</i> (Farinha-seca)	--	--	ANO TODO	NOV/DEZ	Autocórica	

## Apêndice A - (continuação)

Famílias	Floração	Frutificação	Queda Foliar	Brotamento	Modo de Dispersão	C.E.*
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Angico-branco)	JAN/FEV	FEV a OUT	JUN A SET <sup>2</sup>	NOV/DEZ	Autocórica	Secundária
<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Angico-vermelho)	--	--	ANO TODO	NOV	Autocórica	Secundária
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Timbaúba)	NOV/OUT	NOV	SET	NOV a MAR/SET	Autocórica	Pioneira
<i>Inga uruguensis</i> (Ingá-banana)	NOVaJAN/OUT	NOV a FEV/JUL	ANO TODO	NOV/DEZ/MAR/SET	Zoocórica	Secundária
<i>Inga virescens</i> (Ingá)	DEZ/JAN/MAR	JAN a MAR	ANO TODO	NOV a JAN/MAI/SET	Zoocórica	Secundária
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Angico-gurucaia)	+	+	+	+	+	+
<b>Mimosaceae</b>						
<i>Parkia multijuga</i> (Paricá)	FEV	MAR	ANO TODO	NOV/DEZ/JAN – OUT	Autocórica	
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Pau-jacaré)	FEV/MAR	FEV/MAR	ANO TODO	NOV E AGO	Autocórica	Secundária
<i>Pithecelobium incuriale</i> (Angico-rajado)	AGO	AGO	ABR-JUL <sup>2</sup>	NOV a MAR/OUT	Autocórica	
<i>Pseudopiptadenia glaziovii</i> (Cauvi)	--	--	ANO TODO	NOV a MAI	Autocórica	
<i>Tamarindus indica</i> (Tamarindo)	--	--	ANO TODO	NOV/DEZ/JAN	Autocórica	
<b>Moringaceae</b>						
<i>Moringa oleifera</i> (Moringa)	AGO/SET	AGO/SET	ANO TODO	NOV a MAR		
<b>Myrsinaceae</b>						
<i>Myrsine ferruginea</i> (Capororoca)	+	+	+	+	+	Secundária
<b>Myrtaceae</b>						
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Guaviroveira)	+	+	+	+	+	+
<i>Eugenia involucrata</i> (Cerejeira)	--	--	AGO/SET	NOV a MAR/OUT	Zoocórica	
<i>Eugenia uniflora</i> (Pitangueira)	SET/OUT	NOV	ANO TODO	NOV a JUL/OUT	Zoocórica	
<i>Marlieria edulis</i> (Cambucá)	+	+	+	+	+	+
<i>Plinia truncifolia</i> (Jaboticabeira)	--	--	ANO TODO	NOV a MAI – OUT	Zoocórica	

## Apêndice A - (continuação)

Famílias	Floração	Frutificação	Queda Foliar	Brotamento	Modo de Dispersão	C.E.*
Espécies						
<i>Sizigium cumini</i> (Jambolão)	NOV-ABR/OUT	NOV a ABR	ANO TODO	NOV a JUN/SET	Zoocórica	
<b>Oleaceae</b>						
<i>Fraxinus excelsior</i> (Freixo)	--	--	MAI-JUN	DEZ		
<b>Podocarpaceae</b>						
<i>Podocarpus lambertii</i> (Pinheiro-bravo)	--	--	ANO TODO	NOV a MAI - AGO	Zoocórica	Clímax
<b>Rhamnaceae</b>						
<i>Colubrina glandulosa</i> (Sobrasil)	ABR/OUT	MAI	ANO TODO	NOV a FEV/SET	Zoocórica	Secundária
<i>Hovenia dulcis</i> (Uva-do-japão)	NOV-FEV/OUT	NOV a MAI	JUN-JUL <sup>1</sup>	NOV a MAI/SET		
<b>Rutaceae</b>						
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Pau-marfim)	JAN/OUT	--	ANO TODO	NOV/DEZ/MAR/OUT		Secundária
<b>Sapindaceae</b>						
<i>Cupania vernalis</i> (Cuvatan)	--	--	ANO TODO	DEZ-MAR/AGO-OUT	Zoocórica	
<i>Dodonea viscosa</i> (Vassoura-vermelha)	--	--	ANO TODO	DEZ a MAR	Anemocórica	
<i>Matayba elaeagnoides</i> (Miguel-pintado)	NOV	NOV/DEZ	ANO TODO	NOV a MAI	Zoocórica	
<i>Talisia esculenta</i> (Pitombeira)	+	+	+	+	+	+
<b>Sapotaceae</b>						
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Aguai-da-serra)	+	+	+	+	+	+
<i>Manikara</i> (Massaranduba)	MAI/JUN	--	ANO TODO	NOV a MAR - AGO		
<i>Pouteria torta</i> (Guapeva)	+	+	+	+	+	+
<b>Scrophulariaceae</b>						
<i>Paulownia fortunei</i> (Quiri)	--	--	ANO TODO	NOV a FEV		
<b>Sterculiaceae</b>						

## Apêndice A - (conclusão)

Famílias	Floração	Frutificação	Queda Foliar	Brotamento	Modo de Dispersão	C.E.*
Espécies						
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Mutamba)	NOV a MAR/JUL	NOV a MAR/JUL-OUT	ANO TODO	NOV a MAR - AGO	Zoocórica	
<i>Sterculia striata</i> (Chichá)	--	--	ANO TODO	NOV a MAR		
<b>Taxodiaceae</b>						
<i>Cryptomeria japonica</i> (Pinheiro-japonês)	NOV a JUL/SET	NOV a JUL/SET	ANO TODO	NOV/DEZ - AGO		
<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Pinheiro-chinês)	JUN/JUL	--	ANO TODO	NOV		
<i>Taxodium distichum</i> (Pinheiro-do-brejo)	--	--	NOV-DEZ	NOV a FEV/MAI - AGO		
<b>Tiliaceae</b>						
<i>Apeiba tibourbou</i> (Pau-de-jangada)	JAN a JUL	NOV/DEZ/MAR a OUT	ANO TODO	NOV	Zoocórica	
<b>Verbenaceae</b>						
<i>Citharexylum myrianthum</i> (Tarumã-branco)	+	+	+	+	+	Pioneira
<i>Tectona grandis</i> (Teca)	MAR a JUL	MAI/OUT	NOV-DEZ	NOV a MAR		
<i>Vitex megapotamica</i> (Tarumã)	+	+	+	+	+	

\*inferido a partir da literatura e/ou comentários de técnicos e profissionais da área

Sem marcação = sem informação

