



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**EDUARDO DE SOUZA FARIA**

**DINÂMICA DE COPA EM ÁRVORES DO JARDIM BOTÂNICO DA UFRRJ**

Prof. Dr. MARCO ANTONIO MONTE  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO – 2020



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**EDUARDO DE SOUZA FARIA**

**DINÂMICA DE COPA EM ÁRVORES DO JARDIM BOTÂNICO DA UFRRJ**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. MARCO ANTONIO MONTE  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO – 2020

**DINÂMICA DE COPA EM ÁRVORES DO JARDIM BOTÂNICO DA UFRRJ**

**EDUARDO DE SOUZA FARIA**

APROVADA EM: 27 de novembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Marco Antonio Monte – UFRRJ  
Orientador

---

Prof. Dr. Emanuel José Gomes Araújo – UFRRJ  
Membro

---

Msc. Danilo Henrique dos Santos Ataíde – UFRRJ  
Membro

## DEDICATÓRIA

*À Maria Cristina de Souza Faria,  
Meu porto seguro,  
Minha Mãe,  
Minha pessoa preferida.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, e a beata Nhá Chica de Baependi.

A meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A minha família, aos que estão presentes, aos que já se foram e aos que estão por vir.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por todo aprendizado e vivência obtidos durante os anos de graduação.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Marco Antonio Monte, pela confiança ao receber-me como orientado, pelos ensinamentos e apoio ao longo da caminhada.

Aos membros da Banca de Avaliação, prof. Emanuel José Gomes de Araújo e Msc. Danilo Henrique dos Santos Ataíde, pelas sugestões e recomendações pela melhoria do trabalho.

A todos os professores, funcionários e amigos em especial do Instituto de Florestas, que de alguma forma contribuíram em minha formação.

A todos amigos e irmãos de alojamento. Em especial aos amigos do M6 e M2 – 225.

Aos amigos da equipe de Futebol de Campo, em especial ao grupo que tive a honra de fazer parte, campeão do torneio da asa do ITA.

Aos amigos do Forró dos Borrás, pelos momentos inesquecíveis que musicalmente vivemos.

## RESUMO

Os Jardins Botânicos são lugares em potencial para estudos ecológicos e funcionais das características de suas espécies arbóreas. Entre essas características encontra-se a dinâmica de dossel, que tem grande potencial para ser usada em decisões silviculturais e de planejamento. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica do dossel de diferentes espécies arbóreas do Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Foram obtidas fotografias digitais no período de junho de 2019 a março de 2020, totalizando 8 medições (exceções dos meses de julho e novembro). Em cada medição foram amostradas 76 árvores distribuídas em 33 espécies, com obtenção de duas fotografias em cada árvore. As fotografias foram analisadas utilizando o *software* Gap Light Analyzer (GLA) e obtidos o índice de área foliar (IAF) e a transmitância de radiação total ( $t$ ); as espécies foram classificadas segundo o seu grupo ecológico (pioneira, secundária inicial, secundária tardia ou clímax) e sua fenologia foliar (decíduas, semidecíduas ou perenes) e, para cada caso, foram obtidos a média e o desvio-padrão. Os resultados mostraram que o IAF e a  $t$  variam ao longo dos meses do ano, em razão das mudanças no período seco e chuvoso. O IAF tem relação inversa com a transmitância ( $t$ ): nos períodos de maior precipitação o IAF aumenta, enquanto a  $t$  diminui; nos meses de menor precipitação, o IAF se reduz enquanto  $t$  aumenta. Os valores de IAF e  $t$  também variam de acordo com o grupo ecológico e a fenologia foliar das espécies. Conclui-se que as fotografias digitais permitem caracterizar satisfatoriamente a dinâmica de dossel e que características como grupo ecológico e fenologia foliar devem ser analisadas por implicar em diferentes arquitetura de copa.

**Palavras-chave:** fotografia digital, índice de área foliar, transmitância de radiação total.

## ABSTRACT

Botanical gardens are potential places for ecological and functional studies of the characteristics of their tree species. Among these characteristics there is the canopy dynamics, which has great potential to be used in silvicultural and planning decisions. In this context, the present study aimed to evaluate the canopy dynamics of different tree species from the Botanical Garden of the Federal Rural University of Rio de Janeiro. Digital photographs were obtained from June 2019 to March 2020, totaling 8 measurements (exceptions for the months of July and November). In each measurement, 76 trees distributed in 33 species were sampled, obtaining two photographs in each tree. The photographs were analyzed using the Gap Light Analyzer (GLA) software and the leaf area index (LAI) and the total radiation transmittance ( $t$ ) were obtained; the species were classified according to their ecological group (pioneer, early secondary, late secondary or climax) and their leaf phenology (deciduous, semi-deciduous or perennial), and, for each case, the mean and standard deviation were obtained. The results showed that the LAI and  $t$  vary throughout the year, due to changes in the dry and rainy season. The LAI has an inverse relationship with the transmittance ( $t$ ): in periods of greater precipitation the LAI increases while the  $t$  decreases; in months of less rainfall, the LAI decreases while  $t$  increases. LAI and  $t$  values also vary according to the ecological group and the phenology of the species. It is concluded that digital photography allows to characterize satisfactorily the canopy dynamics and that characteristics such as ecological group and leaf phenology must be analyzed as they imply different canopy architecture.

**Keywords:** digital photography, leaf area index, total radiation transmittance.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 1  |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA .....   | 2  |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS.....   | 4  |
| 3.1 Local de estudos.....   | 4  |
| 3.2 Coleta de dados .....   | 5  |
| 3.3 Processamento das fotografias .....   | 7  |
| 3.4 Análise dos dados .....   | 7  |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 9  |
| 4.1 Índice de área foliar (IAF) e transmitância da radiação total (t) ao longo do tempo, por grupo ecológico.....   | 9  |
| 4.2 Índice de área foliar (IAF) e transmitância da radiação total (t) ao longo do tempo, por grupo ecológico, segundo a fenologia foliar das espécies. .... | 11 |
| 4.2.1 – Espécies Decíduas .....   | 12 |
| 4.2.2 – Espécies Semidecíduas.....  | 14 |
| 4.2.3 – Espécies Perenes .....  | 17 |
| 5 CONCLUSÃO.....  | 19 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 20 |
| 7 APÊNDICES .....   | 23 |



## 1 INTRODUÇÃO

Os Jardins Botânicos e seus exemplares arbóreos representam uma solução em potencial para estudar a ecologia funcional de suas respectivas espécies florestais. Características analisadas em âmbito individual podem ser usadas para entender a população, comunidade e respostas a mudanças climáticas a nível ecossistêmico (PEREZ et al., 2019). Além disso, nos Jardins botânicos é possível acompanhar a história fenológica das espécies, exemplo do Jardim Botânico Real de Edimburgo, no qual são realizadas observações fenológicas desde meados do século 19 (HÁRPER;MANN; THOMPSON, 2004). O fato destes locais conterem um grande número de espécies, geralmente corretamente identificadas e bem cuidadas, lhes conferem muitas vantagens para estudos fenológicos, pois são de fácil acessibilidade (HARPER; MANN; THOMPSON, 2004).

Uma preocupação com a amostragem em jardins botânicos é que algumas espécies podem ser representadas por apenas um ou poucos indivíduos. Devido ao pequeno tamanho das populações, os jardins apresentam limitações em capturar variações fenotípicas (PEREZ et al., 2019). Outra vantagem é que as árvores dos jardins botânicos são mantidas com melhor condições fitossanitárias, na maioria das vezes sem ervas daninhas e livre de pragas, o que ajuda a manter um ambiente consistente e reduzem o número de fatores que podem alterar mudanças a longo prazo nas características das plantas (GUMILANG, 2016).

As análises de dinâmica de copa têm um grande potencial quando usadas para auxílio em decisões silviculturais como, por exemplo, a poda, de modo a otimizar o crescimento e a conduzir a geometria de copa das árvores. Dentre os fatores que podem ser usados como critério para auxiliar nessas tomadas de decisões estão o índice de área foliar (IAF) e a transmitância de radiação total ( $t$ ) (CHAVES et al., 2007). Segundo Rich et al. (1993), a distribuição geométrica da abertura de dossel é utilizada para mensurar a radiação solar interceptada estimando assim outras variáveis como o índice de área foliar e a transmitância de radiação total que estão ligadas a geometria de dossel. Segundo o padrão de cobertura da copa, as espécies lenhosas podem ser agrupadas em decídua, semidecídua ou perene, padrão este influenciado pela sazonalidade hídrica (BATISTA et al., 2007). O parâmetro foliar não indica necessariamente a fenologia de crescimento em proporção do decorrer dos meses, isso porque as folhas podem todas entrarem em senescência quase ao mesmo tempo em espécies decíduas. Além disso, a senescência pode durar por um período muito mais longo, mantendo várias folhas de diferentes idades simultaneamente, como é o caso de muitas espécies perenes (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). A transmitância de radiação total ( $t$ ) possui influência direta

da cobertura do dossel, pois a quantidade de luz que penetra na floresta depende da estrutura do dossel e posição do sol em relação a superfície.

O índice de área foliar e a transmitância de radiação total podem ser obtidos por meio de fotografias, processadas posteriormente em *software* como sugerido por Frazer et al. (1999), e são de grande importância para aferir a estrutura do dossel, por caracterizar sua arquitetura (LINHARES; PONZONI; SHIMABUKURO, 2000). Com a obtenção desses dados por um período sazonal é possível acompanhar a dinâmica de copa de determinada espécie arbórea, sendo possível relacionar com a fenologia foliar de cada espécie ou grupo ecológico para propor um melhor manejo. Um estudo aprofundado relacionado com a dinâmica de copa de árvores nativas e de uso em arborização urbana ou em jardins e parques são escassos na bibliografia acadêmica.

As seguintes hipóteses serão avaliadas no presente trabalho:

- 1) Fotografias digitais comuns possibilitam avaliar a dinâmica de dossel de espécies florestais.
- 2) O índice de área foliar (IAF) e a transmitância da radiação total (t) apresentam diferenças ao longo do ano, para os diferentes grupos ecológicos.
- 3) O IAF e a t apresentam diferenças ao longo do ano, segundo a fenologia foliar das espécies.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do dossel de espécies florestais do Jardim Botânico, da UFRRJ, utilizando fotografias digitais comuns e associar estas variáveis segundo o grupo ecológico e fenologia foliar das espécies florestais amostradas.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

A estrutura do dossel é essencial para o entendimento dos processos que governam o desenvolvimento florestal. A arquitetura da floresta não afeta somente as trocas de massa e energia entre a planta e o seu ambiente, mas também revela estratégias de crescimento e desenvolvimento (CAMPOE, 2008). As variações que ocorrem no dossel podem ser avaliadas por meio do índice de área foliar (IAF), amplamente utilizada para quantificar o dossel (TONELI et al., 2009), sendo classificada por Watson (1947), como a razão entre a área foliar do dossel e sua respectiva projeção sobre o solo ( $m^2/m^2$ ) e pela transmitância da radiação. Esses dois parâmetros têm relação direta e inversa. O IAF trata-se de um parâmetro chave na

Ecofisiologia, pois é um fator importante para a descrição da estrutura do dossel e da sazonalidade temporal e espacial de uma floresta (SATTLER et al., 2007).

A dinâmica de copa, segundo Chaves et al. (2007), pode ser avaliada por métodos diretos ou indiretos, neste caso, usando sensores que permitam a determinação da radiação e do IAF, fotografias, ou determinação por biomassa. Métodos diretos são os mais precisos, porém têm a desvantagem de serem extremamente demorados e mais custosos, como consequência, tornando inviável sua implementação em larga escala, e monitoramento a longo prazo. Sendo geralmente inviáveis em formações florestais pelo porte e número de folhas de indivíduos arbóreos (COELHO FILHO et al., 2012; JONCKHEERE et al., 2004).

Métodos indiretos, são geralmente mais rápidos, não destrutivos, automatizados e de menor custo, características essas que permitem um melhor monitoramento a longo prazo. Os baseados na medição da transmitância de radiação do dossel costumam ser os mais usados em florestas, registrando a fração de radiação que não foi bloqueada pela estrutura do dossel (COELHO FILHO et al., 2012; GALVANI; LIMA, 2014; JONCKHEERE et al., 2004). Alguns exemplos de instrumentos utilizados na medição indireta são o ceptômetro, LAI 2000 e câmeras fotográficas com lentes hemisféricas ou fotografias comuns.

As fotografias digitais têm sido muito utilizadas para avaliar a geometria do dossel e a obtenção de parâmetros de copa. As fotografias hemisféricas têm maior aplicabilidade por capturar a imagem em um ângulo de 180° através de uma lente olho de peixe. Por meio da fotografia hemisférica é possível mapear o tamanho e a distribuição das aberturas nos dosséis em relação a posição que a fotografia foi obtida (JELASKA et al., 2005). Desta maneira é possível determinar a passagem da radiação solar em períodos sazonais, e posteriormente calcular de maneira indireta vários parâmetros de luminosidade abaixo do dossel, possibilitando uma análise das propriedades do mesmo (ROXBURGH; KELLY, 1995).

Devido ao fato de exigir uma lente especial, o uso de fotografias hemisféricas pode apresentar algumas limitações, caso esta lente não esteja disponível. Uma alternativa é o uso de câmeras digitais convencionais ou até mesmo o uso das câmeras inseridas nos *smartphones*, que permitem obter fotografias retangulares. Alguns estudos como Chaves et al. (2007) e Monte et al. (2007) já demonstraram a eficiência de fotografias retangulares na obtenção de parâmetros de copa como o IAF e a t. Porém, esses estudos foram desenvolvidos em povoamentos de eucalipto.

A importância em quantificar esses parâmetros consiste no fato do melhor entendimento da caracterização do dossel. Conforme ASNER; WESSMAN, 1997, a radiação pode tomar

vários caminhos na superfície foliar do dossel, desde reflexão de forma direta ou difusa, absorção por pigmentos, água e outros constituintes, ou transmissão através da folha. Uma grande parte da luz que atinge a camada mais baixa sob um dossel, são em forma de raios de sol que penetram por espaços encontrados entre as folhas (WATZLAWICK; SCHOENINGER; YAMAJI, 2002).

O comportamento da radiação solar que ultrapassa o dossel e atinge a superfície é diferenciado para diferentes comprimentos de ondas dos raios em ocorrência do espalhamento que os raios sofrem ao interagir com os elementos vegetais (WANDELLI; MARQUES FILHO, 1996). Levando-se em conta os efeitos desse espalhamento, a maior parte da radiação solar que chega a superfície do solo, sob condições de céu limpo e sem interação com a atmosfera é denominada de radiação direta, e a outra parcela de energia radiante, que o espalhamento atmosférico provoca é chamada de difusa (ASSUNÇÃO, 1994). Neste trabalho consideramos a transmitância de radiação total, que segundo Frazer et al. (1999) é a soma da transmitância difusa com a transmitância direta.

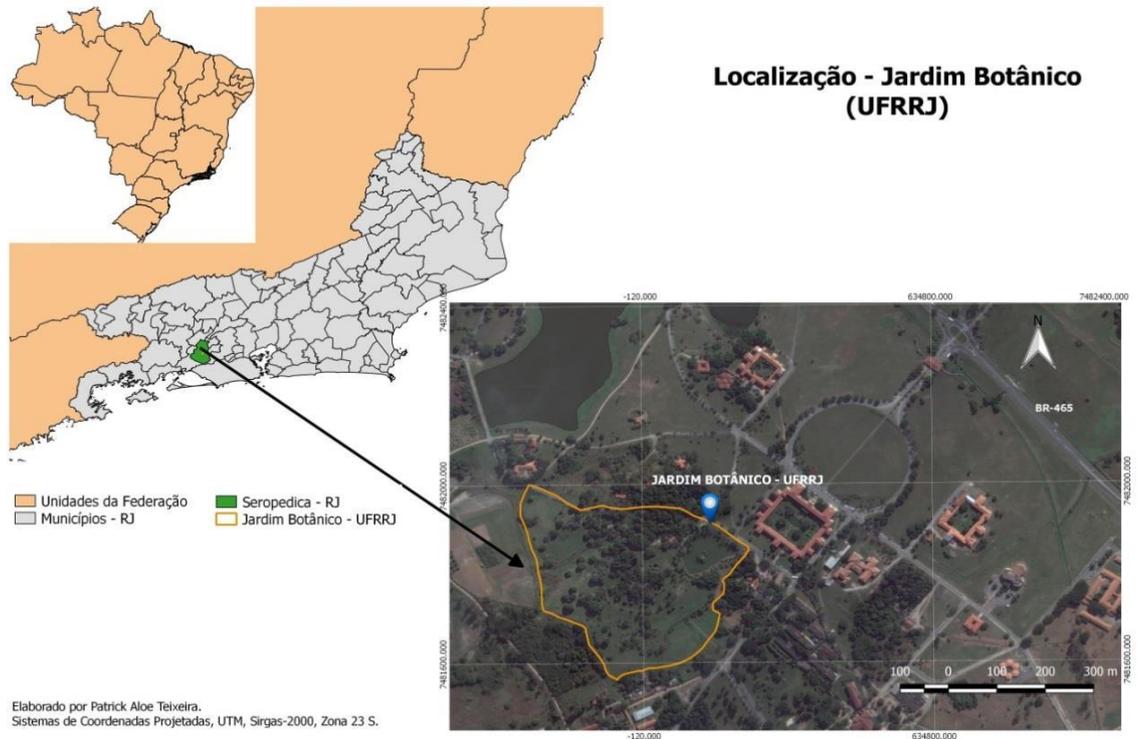
O fluxo de energia irradiado pelo sol é essencial para a vida de todos os vegetais como fonte de energia para a fotossíntese, além de influenciar na arquitetura da floresta. A transmitância de radiação é um importante variável para as áreas da biologia, ecologia e agricultura, mas carecem de estudos relacionando-a com espécies arbóreas e grupos ecológicos específicos. Cada espécie reage de maneira diferente a luminosidade, e isso tem levado alguns autores a dar a devida importância de classificar as espécies em diferentes grupos ecológicos, conforme sua capacidade de adaptação as condições de luminosidade do ambiente, conhecimento de grande importância para compreensão da dinâmica da floresta e seu manejo (WATZLAWICK; SCHOENINGER; YAMAJI, 2002).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local de estudos**

O estudo foi realizado em área do Jardim botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, *campus* Seropédica-RJ. O Jardim Botânico ocupa área de 16,5 hectares (Figura 1); é composto, predominantemente, por espécies arbóreas (CYSNEIROS et al. 2011). O clima da região é classificado como tropical chuvoso com inverno seco (Koppen, 1948). O mês mais

frio é julho, com temperatura média de 20°C e o mês mais quente é fevereiro, com temperatura média de 26,5°C (PIMENTEL; RANGEL, 2017).



Fonte: (TEIXEIRA; ITABAIANA; GARCIA, 2018)

Figura 1. Localização do Jardim Botânico, no *campus* da UFRRJ, Seropédica, RJ.

### 3.2 Coleta de dados

O presente estudo foi desenvolvido no período entre junho de 2019 a março de 2020. As fotografias digitais foram obtidas utilizando uma câmera digital acoplada a tripé, de 0,6 m de altura, e com a lente apontada para o céu (Figura 2). Foram analisadas árvores com altura total mínima de 8 m. Em cada árvore foram definidos dois pontos de amostragem, no sentido Norte/Sul, cada um alocado a 1,5 m de distância da árvore. A câmera utilizada é da marca Sony wx7; cada fotografia possuía a resolução de 3.648x2.736 pixels, sempre no modo automático.

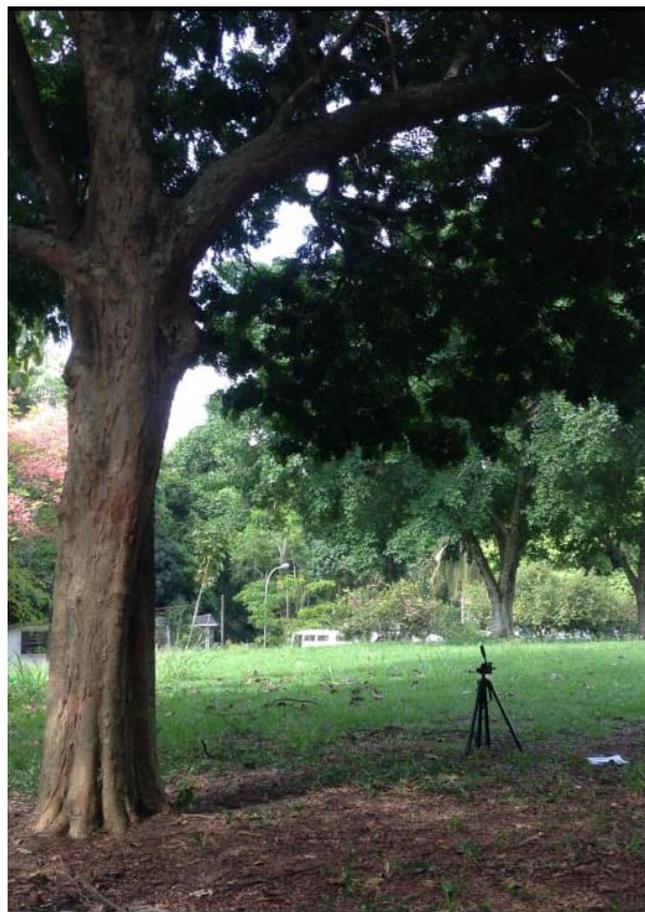


Figura 2. Tripé com câmera acoplada para obtenção de foto em espécie de *Paubrasilia echinata*.

As fotografias foram obtidas no período da manhã, das 7h às 9h30 e, no período da tarde, das 15h às 17h, evitando-se os horários com maior incidência de radiação solar. Também foram evitados dias nublados e com ventos para não ocorrer movimentação na copa das árvores.

Os pontos de amostragem compreenderam 76 árvores, distribuídas em 33 espécies arbóreas, pertencentes a 12 tipos de famílias botânicas (Tabela 1).

Tabela 1. Lista das espécies, em que foram obtidas as fotografias digitais, do Jardim Botânico, no *campus* da UFRRJ, Seropédica, RJ

| Família       | Espécie                           | Grupo Ecológico    | Fenologia   | Número de árvores amostradas |
|---------------|-----------------------------------|--------------------|-------------|------------------------------|
| Anacardiaceae | <i>Myracrodruon urundeuva</i>     | Clímax             | Decídua     | 1                            |
| Arecaceae     | <i>Elaeis guineensis</i>          | -                  | Perene      | 1                            |
|               | <i>Syagrus romanzoffiana</i>      | Pioneira           | Perene      | 2                            |
| Bignoniaceae  | <i>Handroanthus impetiginosus</i> | Secundária tardia  | Decídua     | 10                           |
|               | <i>Tabebuia roseoalba</i>         | Secundária inicial | Decídua     | 2                            |
| Boraginaceae  | <i>Cordia superba</i>             | Pioneira           | Semidecídua | 1                            |
| Casuarinaceae | <i>Casuarina equisetifolia</i>    | Pioneira           | Perene      | 3                            |

|                    |                                      |                    |             |   |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------|-------------|---|
| Fabaceae           | <i>Paubrasilia echinata</i>          | Climax             | Semidecídua | 7 |
|                    | <i>Cassia grandis</i>                | Secundária inicial | Decídua     | 3 |
|                    | <i>Centrolobium tomentosum</i>       | Secundária inicial | Decídua     | 1 |
|                    | <i>Dalbergia nigra</i>               | Climax             | Decídua     | 2 |
|                    | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | Pioneira           | Decídua     | 1 |
|                    | <i>Inga laurina</i>                  | Pioneira           | Perene      | 2 |
|                    | <i>Libidibia ferrea</i>              | Secundária tardia  | Semidecídua | 4 |
|                    | <i>Machaerium hirtum</i>             | Pioneira           | Semidecídua | 2 |
|                    | <i>Peltophorum dubium</i>            | Secundária tardia  | Decídua     | 1 |
|                    | <i>Pterocarpus violaceus</i>         | Secundária inicial | Perene      | 1 |
|                    | <i>Samanea tubulosa</i>              | Pioneira           | Decídua     | 1 |
|                    | <i>Schizolobium parahyba</i>         | Pioneira           | Decídua     | 3 |
|                    | <i>Swartzia oblata</i>               | -                  | Perene      | 1 |
| Fabaceae/Arecaceae | <i>Machaerium hirtum/Roystonea.O</i> | -                  | Semidecídua | 1 |
| Lecythidaceae      | <i>Cariniana estrellensis</i>        | Climax             | Semidecídua | 1 |
|                    | <i>Couroupita guianensis</i>         | -                  | Decídua     | 1 |
|                    | <i>Lecythis pisonis</i>              | Climax             | Decídua     | 3 |
| Malpighiaceae      | <i>Byrsonima sericea</i>             | Secundária inicial | Semidecídua | 3 |
| Malvaceae          | <i>Basiloxylon brasiliensis</i>      | Secundária tardia  | Semidecídua | 1 |
|                    | <i>Ceiba speciosa</i>                | Secundária tardia  | Decídua     | 3 |
|                    | <i>Luehea divaricata</i>             | Secundária inicial | Decídua     | 1 |
|                    | <i>Pachira aquatica</i>              | -                  | Perene      | 2 |
|                    | <i>Pachira glabra</i>                | -                  | Perene      | 1 |
| Meliaceae          | <i>Khaya grandifoliola</i>           | -                  | Semidecídua | 2 |
| Moraceae           | <i>Ficus beijamina</i>               | -                  | Perene      | 2 |
| Pinaceae           | <i>Pinus</i>                         | -                  | Perene      | 6 |

---

Espécies não classificadas. (-)

### 3.3 Processamento das fotografias

As fotografias digitais foram transferidas para um computador pessoal e classificadas por meio do aplicativo *Gap Light Analyzer-GLA Version 2.0*. A classificação das imagens foi realizada com base na metodologia descrita por Monte et al. (2007), sendo utilizada a banda azul das fotografias, por apresentar maior contraste entre céu e o dossel; o limiar do contraste foi definido manualmente, a priori, com valor do bitmap de 128.

### 3.4 Análise dos dados

O *software* GLA calcula, automaticamente, algumas variáveis referentes à estrutura do dossel. No presente trabalho foram utilizados o índice de área foliar (IAF), referente ao 4º anel,

que compreende o ângulo Zenith de  $0^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  graus medido em ( $m^2/m^2$ ) e a transmitância de radiação total ( $t$ ), que é a quantidade absoluta, em ( $mol/m^2/d$  ou  $MJ/m^2/d$ ), somatório da transmitância direta mais difusa. Para cada árvore foi considerado o valor médio das variáveis, referentes aos pontos norte e sul.

A análise dos dados consistiu, portanto, da média aritmética e do desvio padrão para o IAF e  $t$ . Esses parâmetros foram obtidos considerando as seguintes condições: mês de coleta de dados, grupo ecológico e fenologia foliar das espécies.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Índice de área foliar (IAF) e transmitância da radiação total (t) ao longo do tempo, por grupo ecológico.

O IAF apresentou valores médios em ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ ) de 2,82; 2,40; 1,81; 1,59, respectivamente para as espécies de clímax (CLI), secundária inicial (SI), secundária tardia (ST) e pioneira (PI). As pioneiras, em relação aos demais grupos ecológicos, apresentam IAF menor ao longo de praticamente todos os meses. O IAF obtido apresentou variação entre a estação chuvosa e estação seca, conforme também observado por (PAULA; LEMOS FILHO, 2001). Houve redução do IAF entres os meses de junho a setembro (Figura 3); esta redução está associada à menor pluviosidade que ocorre nesses meses (Figura 4), o que acentua a queda de folhas das árvores, principalmente as espécies caducifólias. Após o mês de setembro, houve aumento no IAF (Figura 3), associado ao início do período de chuva, que favorece a recomposição de copa das espécies florestais (Figura 4).

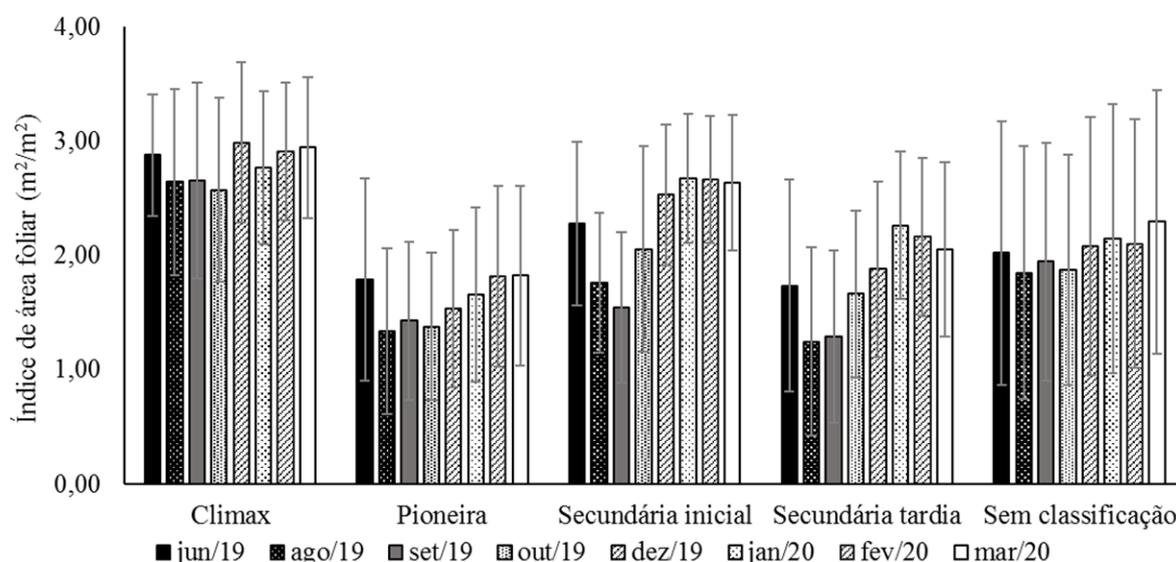


Figura 3. Variação média do índice de área foliar (IAF) ao longo dos meses de coleta, para as espécies arbóreas do Jardim Botânico da UFRRJ, distribuídas segundo o seu grupo ecológico.

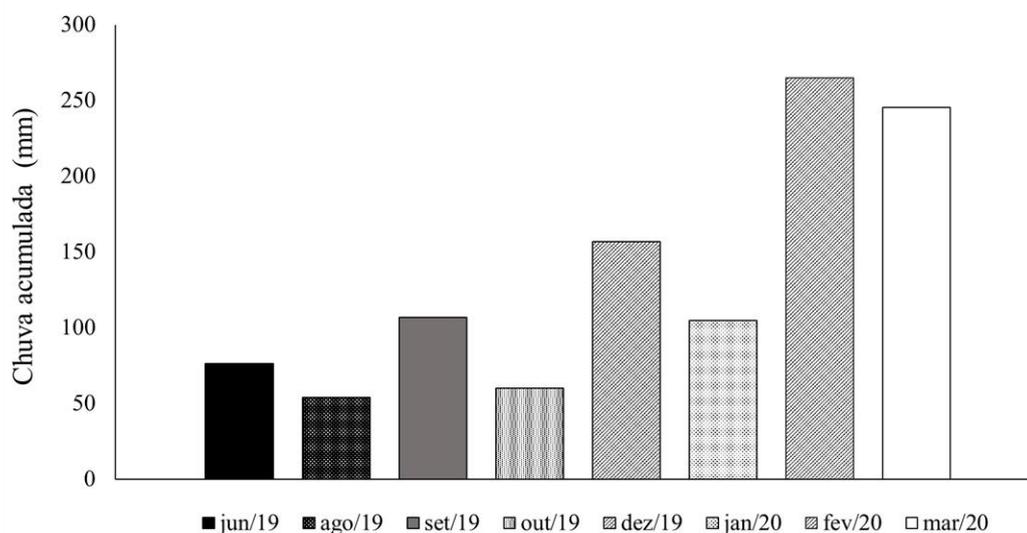


Figura 4. Índice de chuva mensal acumulada ao longo do período de coleta dos dados. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia INMET, estação A601 - Seropédica-Ecologia.

Houve também variação do IAF, dentro de cada grupo ecológico, ao longo dos meses de amostragem (Figura 3). As maiores variações do IAF foram observadas para as secundárias iniciais (SI) e tardias (ST), enquanto menores variações para as climáticas (CLI). As reduções do IAF (mês de junho a setembro) foram: 32,2% (SI), 25,6% (ST), 20,1% (PI) e 7,8% (CLI); enquanto, após esse período o aumento no IAF (mês de setembro a março) foi de 70,5% (SI), 59% (ST), 27,6% (PI) e 10,9% (CLI). Verifica-se que as espécies SI e ST são mais responsivas na recomposição de copa no período de chuva do que as PI e CLI.

A transmitância de radiação total apresentou valores médios em ( $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$  ou  $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{d}$ ) de 4,3; 5,7; 9,3; 10,2, respectivamente para os grupos ecológicos das clímax (CLI), secundária inicial (SI), secundária tardia (ST) e pioneira (PI). Houve maior variação de transmitância de radiação total para as secundárias iniciais (SI) e menor variação para as pioneiras (PI). Os aumentos de transmitância de radiação total (mês de junho a setembro) foram: 74,1% (SI), 30,8% (ST), 29,4% (CLI) e 17,8% (PI); enquanto, após esse período a redução (mês de setembro a março) foi de 55,9% (SI), 44,6% (ST), 34,8% (CLI) e 21,0% (PI).

Para a transmitância da radiação total existe relação inversa, quando se compara com a chuva acumulada: nos períodos de menores chuvas (junho a setembro) há aumento na transmitância, enquanto nos períodos de maiores chuvas (setembro a março), a transmitância diminui. Por meio do IAF pode-se mensurar a capacidade do dossel interceptar a radiação solar, com isso, quanto maior o IAF, menor será o valor de transmitância total de radiação abaixo do

dossel. Os baixos valores de transmitância de radiação total no verão coincidem com os maiores índices pluviométricos, época em que as florestas tendem a apresentar maior índice de área foliar. Já no inverno, com índice pluviométrico menor e caducifolia total ou parcial observa-se uma queda do índice de área foliar (CAMPOE, 2008).

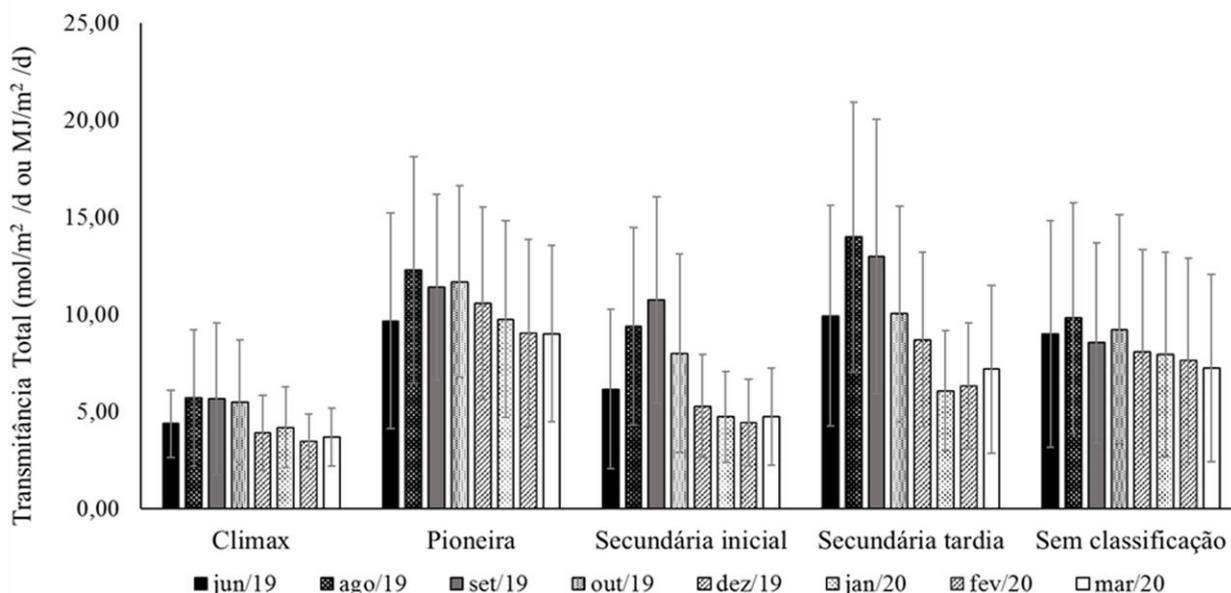


Figura 5. Variação média de transmitância da radiação total (t) ao longo dos meses de coleta, para as espécies arbóreas do Jardim Botânico da UFRRJ, distribuídas segundo o seu grupo ecológico.

#### 4.2 Índice de área foliar (IAF) e transmitância da radiação total (t) ao longo do tempo, por grupo ecológico, segundo a fenologia foliar das espécies.

Um aspecto relevante ao se estudar a dinâmica do dossel de espécies florestais é considerar, além dos grupos ecológicos, a fenologia de cada espécie. A fenologia vegetal proporciona conhecer a dinâmica do crescimento e desenvolvimento das plantas (TALORA; MORELLATO, 2000). As fenofases estão associadas com as variáveis climáticas e meteorológicas destacando a radiação solar, precipitação pluviométrica etc. (FERRERA et al., 2017), variáveis tem relação direta com o IAF, que depende fortemente da fenologia foliar. A fenologia foliar está associada com perda de folhas das árvores ao longo do ano, o que afeta diretamente o IAF e a transmitância, por isso avaliar a dinâmica do dossel, segundo a fenologia foliar das espécies, são relevantes para o desenvolvimento de ações para a sua preservação em áreas/condições adequadas dos projetos paisagísticos nos Jardins Botânicos.

#### 4.2.1 – Espécies Decíduas

Para as espécies decíduas, o IAF apresentou valores médios de 2,49; 2,41; 1,83; 2,15, respectivamente para os grupos ecológicos das clímax (CLI), secundária inicial (SI), secundária tardia (ST) e pioneira (PI) (Figura 6). Na literatura, poucos trabalhos consideram a medição de IAF segundo a fenologia foliar das espécies. Porém, os valores obtidos neste trabalho são próximos aos encontrados por Neumann; Den Hartog; Shaw (1989) de 2,52 para Aspen, uma espécie decídua das florestas temperadas no Sul de Ontario, Canadá.

Em cada grupo ecológico também se verificou uma variabilidade do IAF, mesmo quando se leva em conta a fenologia foliar; estas variações de IAF também ocorreram ao longo do período de coleta, devido à sazonalidade da estação chuvosa e seca. No entanto, esta situação tem forte relação com as estações do ano. Para florestas tropicais, Sattler et al. (2007) também obtiveram variações de IAF, em fragmentos florestais, no fim das estações secas e chuvosas demonstrando que esses períodos influenciam a taxa de variação de IAF em consequência da variação sazonal.

Estudos utilizando fotografias para obtenção do IAF em florestas decíduas, foram realizados por Neumann; Den Hartog; Shaw (1989); Nascimento; Fagg; Fagg (2007), em que demonstraram a eficiência do uso de fotografias para estimar as variações do IAF ao longo do tempo, conforme observado no presente trabalho. Porém, os trabalhos supracitados utilizaram fotografias hemisféricas, enquanto neste trabalho foram utilizadas fotografias convencionais (retangulares).

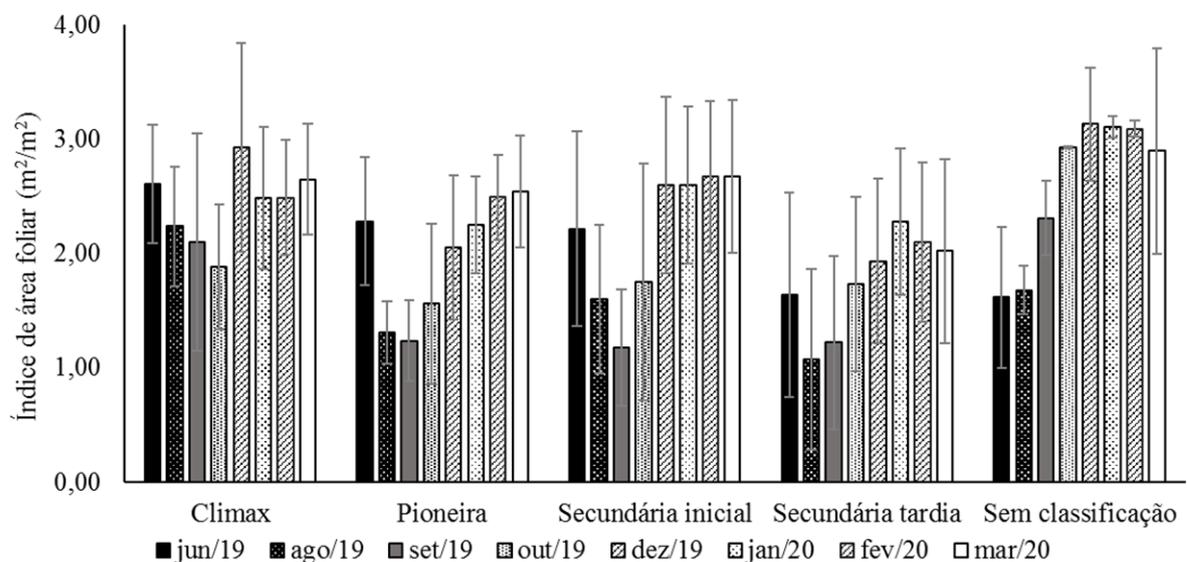


Figura 6. Variação média do índice de área foliar (IAF) ao longo dos meses de coleta, para as espécies decíduas do Jardim Botânico da UFRRJ, distribuídas segundo o seu grupo ecológico.

A média de IAF é similar entre os grupos ecológicos, com valores inferiores de IAF para as ST. Destaca-se que, além de apresentarem os menores valores de IAF, as ST apresentaram redução do IAF, mesmo no período chuvoso (mês de janeiro). O IAF também apresentou tendências diferenciadas para as espécies decíduas (Figura 6), ao longo dos meses de medição. Houve redução acentuada do IAF entre junho a setembro, em todos os grupos ecológicos. As reduções do IAF (mês de junho a setembro) foram: 46,8% (SI), 25,5% (ST), 45,9% (PI) e 19,4% (CLI); enquanto após esse período o aumento no IAF (mês de setembro a março) foi de 127,2% (SI), 65,8% (ST), 105,8% (PI) e 26,1% (CLI). Verifica-se em todos os grupos ecológicos grande amplitude na variação no IAF tanto na perda quanto na recuperação foliar. Considerando a realização de um protocolo de poda, este resultado sugere que as espécies decíduas requerem protocolos específicos segundo o seu grupo ecológico.

Em relação à transmitância de radiação total ( $t$ ) das espécies decíduas, por grupo ecológico, os valores médios foram 5,2; 6,2; 8,7; 6,9, respectivamente para os grupos espécies de clímax (CLI), secundária inicial (SI), secundária tardia (ST) e pioneira (PI) (Figura 7). Os maiores valores de  $t$  foram observados em setembro em todos os grupos ecológicos, exceto nas ST em que  $t$  apresentou maior valor em agosto. Valores similares de  $t$  foram observados por Pezzopane et al. (2005), no interior de uma floresta semidecidual secundária de mata atlântica em Viçosa MG, encontrando valor médio de 4,2 em setembro de 1999, em comparação ao baixo valor médio de 0,9 encontrado no período de janeiro a fevereiro de 2000.

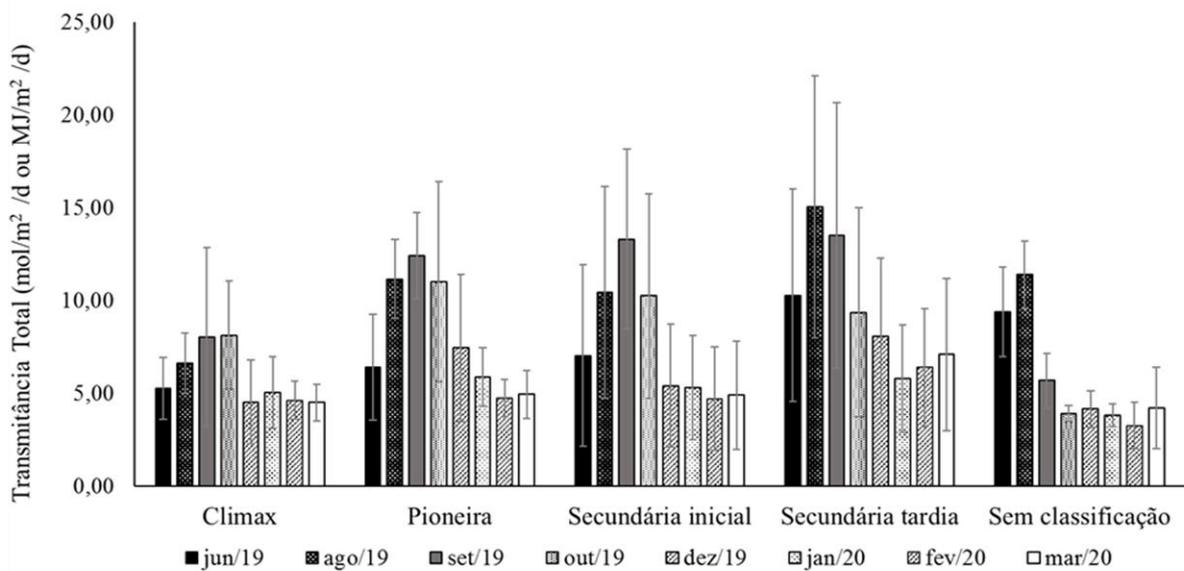


Figura 7. Variação média de transmitância da radiação total (t) ao longo dos meses de coleta, para as espécies decíduas do Jardim Botânico da UFRRJ, distribuídas segundo o seu grupo ecológico.

No grupo ecológico das secundárias tardias observa-se (Figura 7) seu maior valor de transmitância de radiação total (t) em comparação aos outros grupos nos meses de agosto e setembro, o que é correlacionado com o seu menor IAF nesses meses (Figura 6). No entanto, as pioneiras apresentaram maiores taxas de transmitância de radiação total, de 93,6% entre junho a setembro; as secundárias iniciais apresentaram a segunda maior taxa de transmitância de radiação total neste período, de 89,1%. De setembro a março, as pioneiras também lideraram a porcentagem de queda de transmitância de radiação total, com 60,1%. Com grande variação nas taxas das PI e SI seguida das CLI e ST, também pode-se afirmar por via da transmitância de radiação total que espécies decíduas requerem protocolos específicos para tratamentos silviculturais em seu grupo ecológico.

Os aumentos de transmitância de radiação total (junho a setembro) foram: 93,6% (PI), 89,1% (SI), 52,3% (CLI) e 31,4% (ST); enquanto, após esse período a redução (setembro a março) foi de 60,1% (PI), 63,1% (SI), 43,9% (CLI) e 47,4% (ST).

#### 4.2.2 – Espécies Semidecíduas

Os valores médios de IAF das espécies semidecíduas foram 3,0; 2,5; 1,9; 1,2, respectivamente, para os grupos ecológicos das clímax (CLI), secundária inicial (SI),

secundária tardia (ST) e pioneira (PI). O comportamento do IAF e da transmitância de radiação total nas semidecíduas, Figuras 8 e 9 demonstraram menor variação que as espécies decíduas, Figuras 6 e 7 ao longo dos meses. Paula; Lemos Filho (2001) conseguiram demonstrar variação significativa na dinâmica do dossel em floresta semidecídua do perímetro urbano de Belo Horizonte (MG) entre estação chuvosa e seca, com médias de 2,21 e 2,54 durante estação chuvosa e médias de 0,77 e 0,69 para estação seca dos anos de 1997 e 1998, porém sem distinção de grupo ecológico e espécies avaliadas, e com auxílio de fotografias hemisféricas para obtenção dos resultados. Tal variação encontrada por Paula; Lemos Filho (2001) entre estação chuvosa e seca também pode ser observado neste trabalho quando levado em consideração o IAF a transmitância total de radiação das espécies semidecíduas.

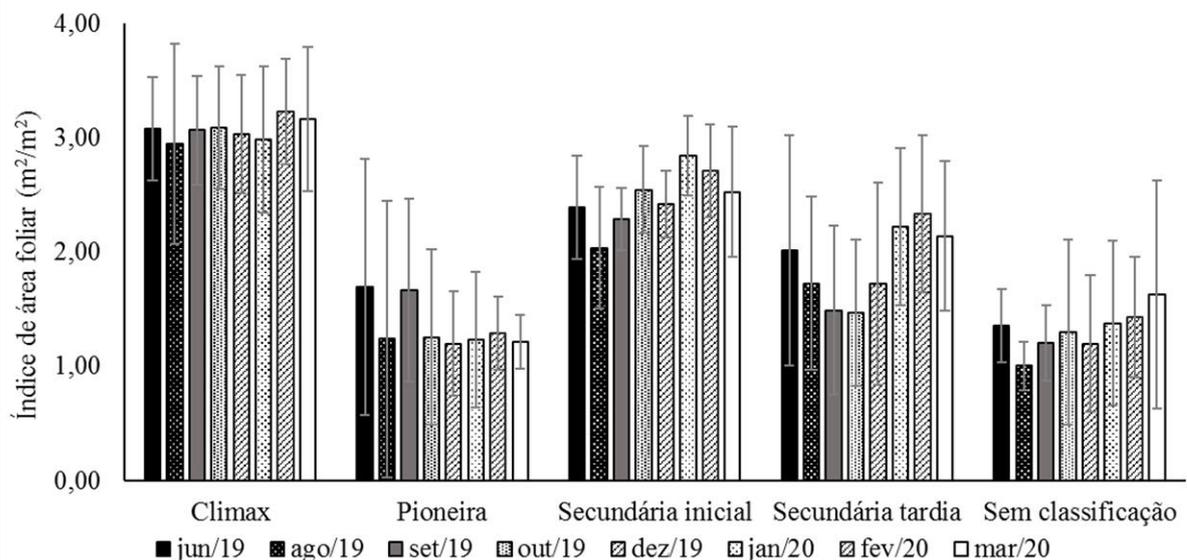


Figura 8. Variação média do índice de área foliar (IAF) ao longo dos meses de coleta, para as espécies semidecíduas do Jardim Botânico da UFRRJ, distribuídas segundo o seu grupo ecológico.

O grupo ecológico com menor variação no IAF foram as climácicas, enquanto as secundárias tardias apresentaram a maior taxa de variação, repetindo a tendência das figuras 3 e 5 quando não é levada em conta a questão fenológica. Para as espécies semidecíduas (Figura 8) o IAF obteve maior estabilização nas CLI e PI. As reduções do IAF (mês de junho a setembro) foram: 4,3% (SI), 25,9% (ST), 1,3% (PI) e 0,5% (CLI); enquanto após esse período o aumento no IAF (mês de setembro a março) foi de 10,4% (SI), 43,5% (ST), 3,2% (CLI); e redução de 27,2% (PI). Para espécie semidecídua Miranda (2018) encontrou redução percentual

de IAF do período chuvoso para seco de 40% e 52%, taxas bem maiores a encontrada no grupo ecológico das ST, que obteve a maior taxa de redução nesse período com 25,9%.

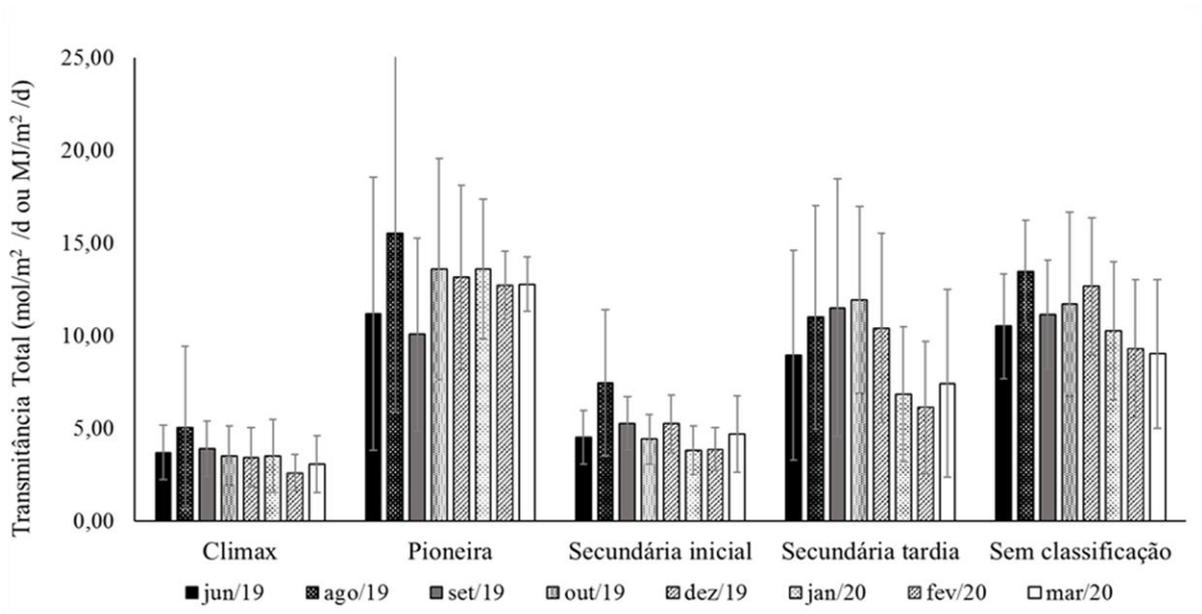


Figura 9. Variação média de transmitância da radiação total ( $t$ ) ao longo dos meses de coleta, para as espécies semidecíduas do Jardim Botânico da UFRRJ, distribuídas segundo o seu grupo ecológico.

A transmitância de radiação total ( $t$ ) apresentou valores médios de 3,5; 4,6; 9,7; 13, respectivamente para os grupos ecológicos das climax (CLI), secundária inicial (SI), secundária tardia (ST) e pioneira (PI) das espécies semidecíduas (Figura 9). Em todos grupos ecológicos ocorreu queda na média da transmitância da radiação total entre outubro e fevereiro assim como demonstraram Martineli et al.(2004) em uma floresta semidecidual, em que obteve as médias de 28,33 e 17,93 respectivamente. As espécies climáticas apresentaram baixo valor de transmitância, o que já era esperado, pois neste grupo ecológico o IAF apresentou maior valor (Figura 8), devido à relação inversa do IAF e transmitância. As espécies climáticas seguiram a tendência de seu IAF estabelecendo-se como grupo ecológico com menor variação nas taxas de  $t$  durante os meses, característica essa que vem a ser vantajosa se pensarmos em custos de manutenção como exemplo, devido ao fato de acarretar um menor critério sazonal para uma futura realização de tratamentos silviculturais. As secundárias tardias, assim como no IAF (Figura 8), também apresentaram as maiores taxas de variação de transmitância de radiação total ao longo dos meses (Figura 9), devendo-se atentar sobre esse grupo ecológico algum protocolo específico de futuros tratamentos silviculturais. Os aumentos de transmitância de radiação total (junho

a setembro) foram: 28,7% (ST), 16,4 % (SI), 5,0 % (CLI) e redução de 9,9% (PI); enquanto, após esse período a redução (setembro a março) foi de 35,4% (ST), 11,1% (SI), 20,6% (CLI) e aumento de 26,9% (PI).

#### 4.2.3 – Espécies Perenes

O IAF das espécies perenes apresentou valores médios de 2,43; 1,41, respectivamente para os grupos ecológicos das secundária inicial (SI) e pioneira (PI) (Figura 10). Os valores encontrados foram inferiores àqueles obtidos por Oliveira et al. (2013) com média acima dos 4,0 para IAF de espécies perenes como *Licania tomentosa* e *Mangifera indica*.

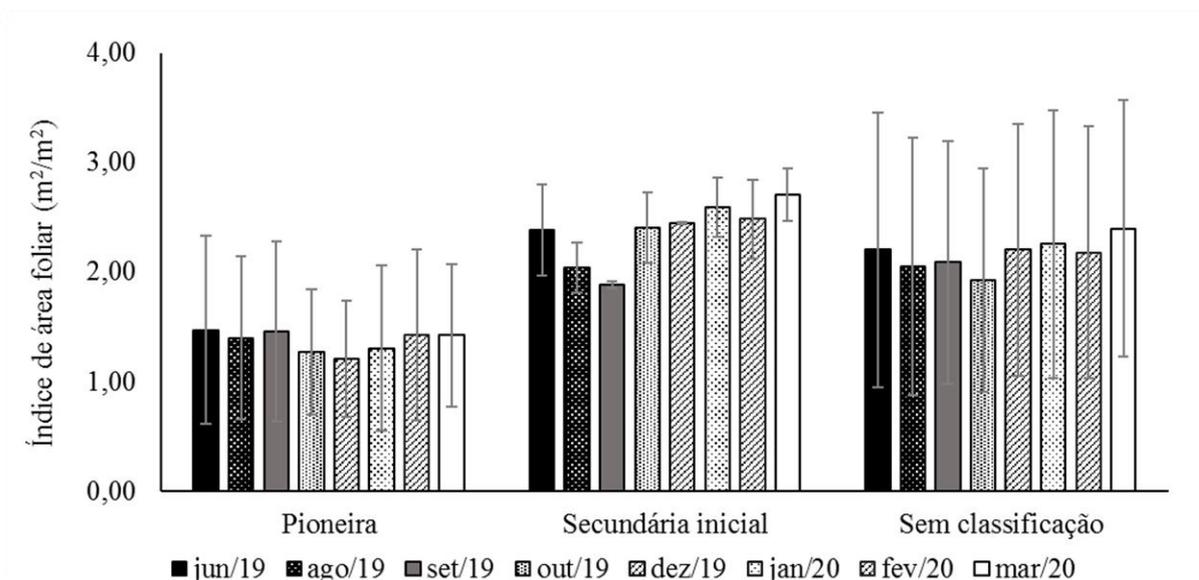


Figura 10. Variação média do índice de área foliar (IAF) ao longo dos meses de coleta, para as espécies perenes do Jardim Botânico da UFRRJ, distribuídas segundo o seu grupo ecológico.

Para as espécies perenes (Figura 10) o IAF apresentou as seguintes tendências: As PI se obtiveram pouca variação, sem redução acentuada no período seco nem aumento nos chuvosos. Já as SI observou-se uma queda de junho a setembro e posterior recuperação. As reduções do IAF (junho a setembro) foram: 21% (SI), 0,9% (PI); enquanto após esse período o aumento no IAF (setembro a março) foi de 43,8% (SI), e a redução de 2,6% (PI). Para espécie perene *Licania tomentosa*, que é classificada como ST, Miranda (2018) encontrou redução percentual de IAF do período chuvoso para seco de 17% e 39%, que são valores próximos a taxa encontrada no grupo ecológico das SI de 21 % para o mesmo período.

Em relação as perenes (Figura 10 e 11), as PI tiveram menor variação de IAF e transmitância de radiação total do que apresentado nas semidecíduas (Figura 8 e 9), enquanto as SI apresentaram variação mais acentuada que as PI tanto no IAF quanto na transmitância de radiação total.

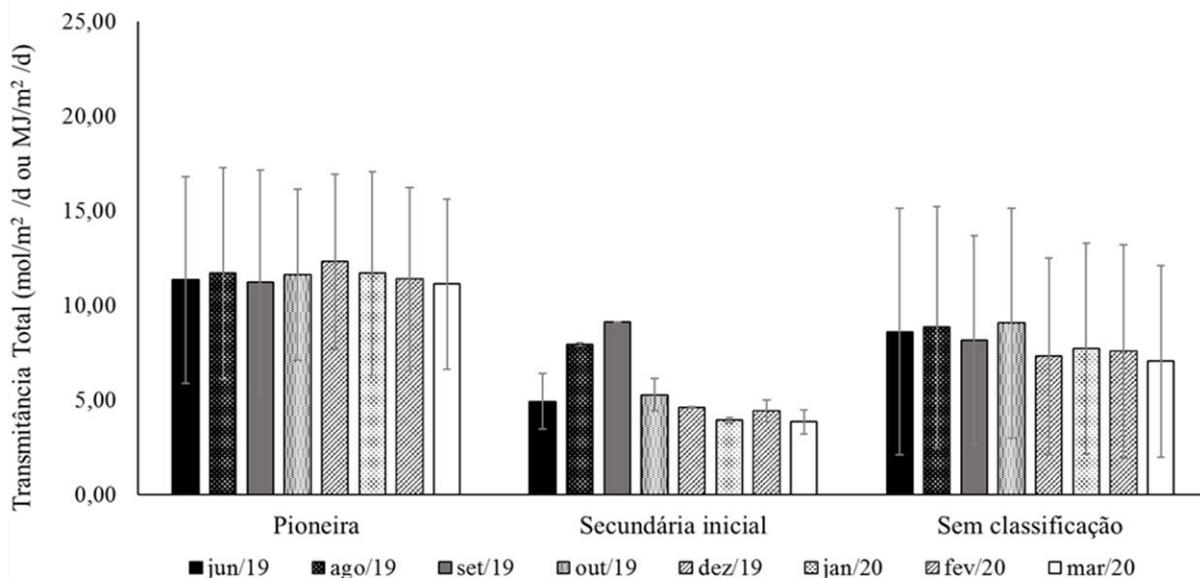


Figura 11. Variação média de transmitância da radiação fotossinteticamente ativa (t) ao longo dos meses de coleta, para as espécies perenes do Jardim Botânico da UFRRJ, distribuídas segundo o seu grupo ecológico.

A transmitância de radiação total apresentou valores médios de 4,8; 11,5; respectivamente para os grupos ecológicos das secundária inicial (SI) e pioneira (PI) das espécies perenes (Figura 11). Assim como o índice de área foliar das pioneiras, seu índice de transmitância de radiação também permanece constante e com uma baixa taxa de variação. Já nas secundárias iniciais ocorre um aumento crescente de junho a setembro, e uma queda acentuada de setembro para outubro. A variação de transmitância de radiação total (junho a setembro) foram: aumento de 84,5% (SI), e redução de 1,0% (PI); enquanto, no período de (mês de setembro a março) redução de 57,7% (SI) e 1,0% (PI).

## 5 CONCLUSÃO

Fotografias digitais comuns são viáveis para avaliar a dinâmica de dossel de espécies florestais, por meio do índice de área foliar (IAF) e da transmitância da radiação total (t). Os períodos de transição fenológica observadas entre a estação seca e chuvosa obtiveram variações bem representadas de IAF e t, demonstrando a eficiência das informações extraídas das fotografias, por meio do *software* GLA.

Os grupos ecológicos proporcionam resultados distintos nos valores de IAF e t, sendo relevante sua distinção em estudos de dinâmica de dossel. Principalmente as espécies secundárias, que demonstraram maior responsividade nas variações sazonais de IAF e t.

A fenologia foliar das espécies deve ser considerada nos estudos sobre dinâmica de dossel, por meio do IAF e da t. Foi evidenciado diferença considerável das taxas de IAF e t em comparação entre espécies decíduas com semidecíduas e perenes. As espécies decíduas exercem uma maior influência nos valores de IAF e t.

As variações de IAF e t em razão dos grupos ecológicos, da fenologia foliar das espécies e das estações seca e chuvosa sugerem que estas características devem ser consideradas na realização de tratamentos silviculturais, como a poda, por exemplo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASNER, G.P.; WESSMAN, C.A. Scaling PAR absorption from leaf to landscape level in spatially heterogeneous ecosystems. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 103, p. 81- 97, 1997.

ASSUNÇÃO, H. F. **Relações entre a radiação fotossinteticamente ativa e a radiação global em Piracicaba-SP**. Piracicaba 1994. 41 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz-USP.

BATISTA, E. G. et al. Cobertura da copa e dinâmica foliar de *Byrsonima Coccolobifolia* e *Norantea Adamantium* estudadas em área de cerrado rupestre em Parque Estadual na Região de Cocalzinho-Go. In: Congresso de Ecologia do Brasil, VIII., 2007, Caxambu - MG. **Anais...** 2007, p. 1–2.

CAMPOE, O. C. **Efeito de práticas silviculturais sobre a produtividade primária líquida de madeira, o índice de área foliar e a eficiência do uso da luz em plantios de restauração da Mata Atlântica**. 2008. 120 f. Dissertação (Mestre em Recursos Florestais). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz-USP.

CHAVES, R. A. et al. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamentos de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 989–998, 2007.

COELHO FILHO, M. A. et al. Método para estimativa do IAF de árvores isoladas ou de plantações com dossel fechado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 529–538, 2012.

CYSNEIROS, V. C. et al. Arboreal eudicotyledons, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro botanical garden, state of Rio de Janeiro, Brazil. **Check List**, v.7, n.1, p.1-6, 2011.

FERRERA, T. S. et al. Fenologia de espécies nativas arbóreas na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 110, n. 9, p. 1689–1699, 2017.

FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LERTZMAN, K.P. **Gap light analyzer (GLA), version 2.0**: imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. 1999. Disponível em: <[http://www.rem.sfu.ca/forestry/downloads/gap\\_light\\_analyzer.htm](http://www.rem.sfu.ca/forestry/downloads/gap_light_analyzer.htm)>.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. Fotografias hemisféricas em estudos microclimáticos: Referencial teórico-conceitual e aplicações. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, 2014.

GUMILANG, A. Phenological observation of selected species at cibodas botanic garden. In: SEMINÁRIO - Managing Biodiversity and Conservation for Sustainable Development in Tropical Ecosystem. n.1 Padang, Indonesia, 2016.

HARPER, G. .; MANN, D. G.; THOMPSON, R. Phenological monitoring at royal botanic garden Edinburgh. **Sibbaldia: An occasional series of horticultural notes from the RBGE**,

n. 2, p. 33–46, 2004.

JELASKA, S. D. et al. Responses of forest herbs to available understory light measured with hemispherical photographs in silver fir – beech forest in Croatia. **Ecological Modelling**, v. 4, p. 209–218, 2005.

JENNINGS, S. B.; BROWN, N. D.; SHEIL, D. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. **Forestry**, v. 72, n. 1, 1999.

JONCKHEERE, I. et al. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121, n. 1–2, p. 19–35, 2004.

LINHARES, C. A.; PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. Relação entre volume de madeira e índice de área foliar em um povoamento de *Pinus* spp.: Estudo de caso. **Revista Arvore**, v. 24, n. n1, p. 47–54, 2000.

MARTINELLI, L. et al. Influência da abertura de clareiras no microclima de floresta semidecidual secundária na bacia do rio Itapemirim, ES. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica VIII e Encontro Latino Americano de Pós-Graduação IV. 2004, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, p. 572-575, 2004.

MIRANDA, S. A. **Sombreamento arbóreo em superfícies pavimentadas de área urbana tropical**. 2018. 89f. Tese (Doutorado em Física Ambiental). Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

MONTE, M. A. et al. Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 769–775, 2007.

NASCIMENTO, A. R. T.; FAGG, J. M. F.; FAGG, C. W. Canopy openness and LAI estimates in two seasonally deciduous forests on limestone outcrops in central Brazil using hemispherical photographs. **Revista Arvore**, v. 31, n. 1, p. 167–176, 2007.

NEUMANN, H. H.; DEN HARTOG, G.; SHAW, R. H. Leaf area measurements based on hemispheric photographs and leaf-litter collection in a deciduous forest during autumn leaf-fall. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 45, n. 3–4, p. 325–345, 1989.

OLIVEIRA, A. S. et al. Benefícios da arborização em praças urbanas - O caso de Cuiabá/MT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, n. 9, p. 1900–1915, 2013.

PAULA, S. A.; LEMOS FILHO, J. P. Dinâmica do dossel em mata semidecídua no perímetro urbano de Belo Horizonte, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 4, p. 545–551, 2001.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, n. 3, p. 167–234, 2013.

PEREZ, T. M. et al. Botanic gardens are an untapped resource for studying the functional ecology of tropical plants. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 374, n. 1763, 2019.

PEZZOPANE, J. E. et al. Caracterização da radiação solar em fragmento da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11–19, 2005.

PIMENTEL, R. G.; RANGEL, G. C. Biologia floral de duas espécies de *Dombeya* (Malvaceae) no jardim botânico da UFRRJ. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 09, n. 1, p. 77-85, 2017.

RICH, P. M. et al. Long-term study of solar radiation regimes in a tropical wet forest using quantum sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 65, p. 107-127, 1993.

ROXBURGH, J. R.; KELLY, D. Uses and limitations of hemispherical photography for estimating forest light environments. **New Zealand Journal of Ecology**, v. 19, p. 213–217, 1995.

SATTLER, D. et al. A função da sazonalidade no levantamento estrutural de uma floresta montana tropical no Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência e Conservação na Serra dos Órgãos**, p. 105–116, 2007.

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

TEIXEIRA, P. A.; ITABAIANA, I. M.; GARCIA, J. M. P. Caracterização geotécnica através da relação entre a resistência à penetração e o teor de umidade do solo do jardim botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental XVI. 2018, São Paulo - SP. **Anais...** 2018, p. 1–10.

TONELI, C. A. Z. et al. Análise da relação entre a estrutura do dossel a partir de fotografias hemisféricas e dados dendrométricos de inventário florestal, conduzido em um povoamento de *Eucalyptus grandis*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto XIII, Florianópolis, Brasil. **Anais...** INPE, p. 1891–1898, 2009.

WANDELLI, E. V; MARQUES FILHO, A. DE O. Medidas de radiação solar e índice de área foliar em coberturas vegetais. **Acta Amazonica**, v. 29, n. 1, p. 57–78, 1996.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, Oxford, v. 11, p. 41-76, 1947.

WATZLAWICK, L. F.; SCHOENINGER, E. R.; YAMAJI, F. M. Efeito da radiação solar na dinâmica de uma floresta. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 1, p. 102-113, 2002.

## 7 APÊNDICES

APÊNDICE A - Fotos de *Machaerium hirtum*- (pioneira / semidecídua) obtidas no sentido norte, na sequência dos meses de medição: junho, agosto, setembro, outubro e dezembro de 2019; janeiro, fevereiro e março de 2020.



Junho 2019



Agosto 2019



Setembro 2019



Outubro 2019



Dezembro 2019



Janeiro 2020



Fevereiro 2020



Março 2020

APÊNDICE B - Fotos de *Centrolobium tomentosum*- (secundária inicial / decídua) obtidas no sentido sul, na sequência dos meses de medição: junho, agosto, setembro, outubro e dezembro de 2019; janeiro, fevereiro e março de 2020.



Junho 2019



Agosto 2019



Setembro 2019



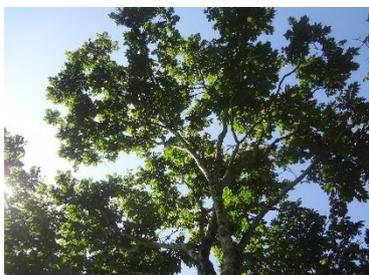
Outubro 2019



Dezembro 2019



Janeiro 2020



Fevereiro 2020



Março 2020

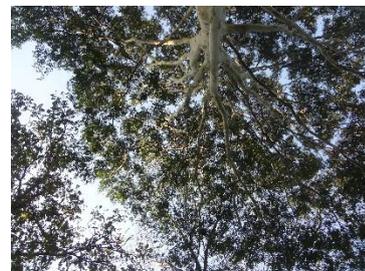
APÊNDICE C - Fotografias de *Libidibia Ferrea* (secundária tardia / semidecídua) obtidas no sentido norte, na sequência dos meses de medição: junho, agosto, setembro, outubro e dezembro de 2019; janeiro, fevereiro e março de 2020.



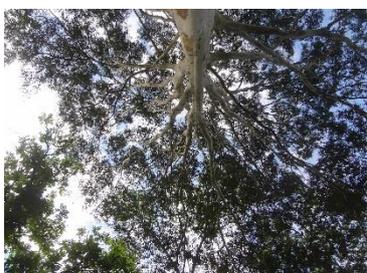
Junho 2019



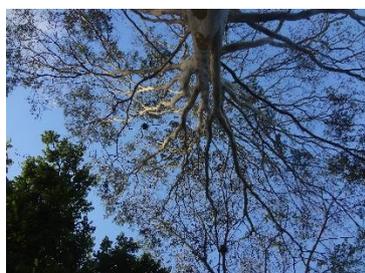
Agosto 2019



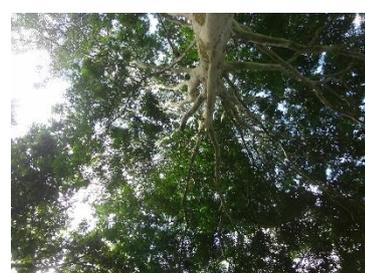
Setembro 2019



Outubro 2019



Dezembro 2019



Janeiro 2020



Fevereiro 2020



Março 2020

APÊNDICE D - Fotos de *Handroanthus impetiginosus* (secundária tardia / decídua) obtidas no sentido norte, na sequência dos meses de medição: junho, agosto, setembro, outubro e dezembro de 2019; janeiro, fevereiro e março de 2020.

Ponto 60



Junho 2019



Agosto 2019



Setembro 2019



Outubro 2019



Dezembro 2019



Janeiro 2020



Fevereiro 2020



Março 2020

Ponto 109



Junho 2019



Agosto 2019



Setembro 2019



Outubro 2019



Dezembro 2019



Janeiro 2020



Fevereiro 2020



Março 2020

Ponto 117



Junho 2019



Agosto 2019



Setembro 2019



Outubro 2019



Dezembro 2019



Janeiro 2020



Fevereiro 2020



Março 2020