

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**ECOFISIOLOGIA E MORFOMETRIA COMO
FERRAMENTA PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DE
Eugenia pyriformis Cambess**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SUÉLEN STEINHEUSER HELLMANN

GUARAPUAVA-PR

2017

SUÉLEN STEINHEUSER HELLMANN

**ECOFISIOLOGIA E MORFOMETRIA COMO
FERRAMENTA PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DE
Eugenia pyriformis Cambess**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal para a obtenção do título de Mestre.

Prof^o. Dr. Vanderlei Aparecido de Lima
Orientador

Profa. Dra. Patrícia Carla Giloni de Lima
Co-orientadora

Prof^o. Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Co-orientador

GUARAPUAVA-PR

2017

Catálogo na Publicação
Biblioteca Central da Unicentro, Campus Santa Cruz

H477e Hellmann, Suélen Steinheuser
Ecofisiologia e morfometria como ferramenta para o manejo sustentável de *Eugenia pyriformis* Cambess / Suélen Steinheuser Hellmann. – – Guarapuava, 2017.
xv, 90 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2017

Orientador: Vanderlei Aparecido de Lima
Coorientadora: Patrícia Carla Giloni de Lima
Coorientador: Luciano Farinha Watzlawick

Banca examinadora: Giovana Faneco Perreira, Patrícia Carla Giloni de Lima, Luciano Farinha Watzlawick, Vanderlei Aparecido de Lima

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Produção vegetal. 3. *Eugenia pyriformis* Cambess. 4. Fluorescência da clorofila *a*. 5. Morfometria. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.


CDD 630

Suélen Steinheuser Hellmann

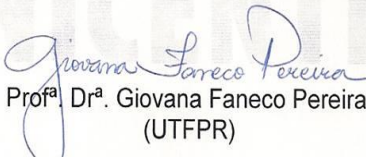
**ECOFISIOLOGIA E MORFOMETRIA COMO FERRAMENTA PARA O MANEJO
SUSTENTÁVEL de *Eugenia pyriformis* Cambess.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2017.


Prof. Dr. Vanderlei Aparecido de Lima
(UTFPR)


Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick
(UNICENTRO)


Prof^a. Dr^a. Giovana Faneco Pereira
(UTFPR)


Prof^a. Dr^a. Patricia Carla Giloni de Lima
(UNICENTRO)

GUARAPUAVA-PR
2017

A minha família,
dedico.

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação de mestrado não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas. Gostaria então, de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa se tornasse uma realidade.

Em primeiro lugar agradece a Deus, por me tornar uma pessoa capaz de realizar os esforços que foram necessários na elaboração deste trabalho.

Agradeço a minha família e amigos, especialmente a minha mãe e meu irmão, pois durante todo o processo foram eles que estavam ao meu lado durante os momentos mais difíceis e também na horas de conquistas e alegrias, sempre com palavras de apoio e confortantes.

Agradeço a minha professora, Prof^a. Dra. Patrícia Carla Giloni de Lima, por se mostrar em todos os momentos paciente durante as dúvidas e apoio prestado.

Agradeço ao meu orientador Prof.^a Dr. Vanderlei Aparecido de Lima, por aceitar me orientador durante os dois anos do mestrado e ainda estar sempre disponível para tirar todas as dúvidas.

Agradeço aos coordenadores do Jardim Botânico de Faxinal do Céu por fornecer o espaço e os exemplares de *Eugenia pyriformis* Cambess para a pesquisa, em especial ao Sebastião, funcionário do jardim que colaborou nas análises e coletas de amostras.

Agradeço também aos professores que aceitaram compor minha banca de defesa.

A todos obrigada por permitirem que este trabalho torna-se uma realidade.

“Quando ocorre um ato de aprendizagem, o indivíduo torna-se capaz de realizar algo que não podia fazer anteriormente, quer seja isto ler uma palavra, construir uma frase em alemão, escrever um soneto ou realizar um experimento.”

Robert Gagné

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espécies de Myrtaceae brasileiras.	19
Figura 2. Representação de um indivíduo adulto de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess (A), suas flores brancas (B) e seu fruto alaranjado (C). Autoria própria.	21
Figura 3. Curva de Kautsky de uma folha verde saudável e a expansão da fase de rápida ascensão à curva OJIP exponencial. Fonte própria.....	26
Figura 4. Gráfico representando a cinética lenta da fluorescência da clorofila a utilizando o método de pulsos de saturação com análise de dissipação de energia (BRESTIC e ZIVCAK, 2012).	28
Figura 5. Modelo de árvore adaptados de Burguer (1939). Fonte: autor.....	30
Figura 6. Curva OJIP da fluorescência da clorofila a da espécie <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess em dois ambientes diferentes sendo plantas adultas a sombra (AS) e plantas adultas à pleno sol (APS) durante as estações climáticas da Outono (A) e Inverno (B) de 2016.....	46
Figura 7. Dados da cinética lenta dos parâmetros F_o , F_m , F_v , F_v/F_m e F_v/F_o comparando as plantas adultas de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess analisadas em ambiente sombreado (AS) e à pleno sol (APS) em duas estações A (verão) e B (inverno).	48
Figura 8. Dados da cinética lenta dos parâmetros F_o , F_m , F_v , F_v/F_m e F_v/F_o comparando as plantas jovens de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess analisadas em três ambientes, sendo JM (Mudas da mata), JS (Mudas sombrite) e JE (Mudas estufa) em duas estações A (verão) e B (inverno).	50
Figura 9. Rendimento quântico fotoquímico (YII) avaliado nas plantas adultas de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess (A e B) em ambiente sombreado (AS) e à pleno sol (APS) e nas plantas jovens (C e D) da mata (JM), estufa (JE) e sob sombrite (JS) em duas estações climáticas, sendo verão (A e C) e inverno (B e D).	52
Figura 10. Análise estatística longitudinal no tempo de 260 segundos do YII com intervalo de confiança de 95% comparando os dois tratamentos de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess: plantas adultas à plenos sol (APS) e na sombra (AS) em A e em B os três tratamentos de plantas jovens na estufa (JE), sombrite (JS) e na mata (JM).	53
Figura 11. Estimativa da taxa relativa de transporte de elétrons (ETR) avaliado nas plantas adultas de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess (A e B) em ambiente sombreado (AS) e à pleno sol (APS) e nas plantas jovens (C e D) da mata (JM), estufa (JE) e sob sombrite (JS) em duas estações climáticas, sendo verão (A e C) e inverno (B e D).	54

Figura 12. Análise estatística longitudinal no tempo de 260 segundos do ETR com intervalo de confiança de 95% comparando os dois tratamentos de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess: plantas adultas à plenos sol (APS) e na sombra (AS) em A e em B os três tratamentos de plantas jovens na estufa (JE), sombrite (JS) e na mata (JM).	56
Figura 13. Estimativa da dissipação fotoquímica (q_p) avaliado nas plantas adultas de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess (A e B) em ambiente sombreado (AS) e à pleno sol (APS) e nas plantas jovens (C e D) da mata (JM), estufa (JE) e sob sombrite (JS) em duas estações climáticas, sendo verão (A e C) e inverno (B e D).	57
Figura 14. Análise estatística longitudinal no tempo de 260 segundos do q_p com intervalo de confiança de 95% comparando os dois tratamentos de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess: plantas adultas à plenos sol (APS) e na sombra (AS) em A e em B os três tratamentos de plantas jovens na estufa (JE), sombrite (JS) e na mata (JM).	58
Figura 15. Estimativa da dissipação não fotoquímica (q_N) avaliado nas plantas adultas de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess (A e B) em ambiente sombreado (AS) e à pleno sol (APS) e nas plantas jovens (C e D) da mata (JM), estufa (JE) e sob sombrite (JS) em duas estações climáticas, sendo verão (A e C) e inverno (B e D).	59
Figura 16. Análise estatística longitudinal no tempo de 260 segundos do q_N com intervalo de confiança de 95% comparando os dois tratamentos de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess: plantas adultas à plenos sol (APS) e na sombra (AS) em A e em B os três tratamentos de plantas jovens na estufa (JE), sombrite (JS) e na mata (JM).	60
Figura 17. Esquema das relações morfométricas de uma árvore. Fonte: autor.....	76
Figura 18. Correlação positiva entre o diâmetro de copa (dc) e o diâmetro a altura do peito (DAP) para <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	83
Figura 19. Correlação positiva entre a proporção de copa (pc) e o diâmetro a altura do peito (DAP) para <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	84
Figura 20. Correlação negativa entre o grau de esbeltez (ge) e o diâmetro a altura do peito (DAP) para <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	85
Figura 21. Correlação negativa entre o Índice de saliência e o diâmetro a altura do peito (DAP) para <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.....	86
Figura 22. Correlação positiva entre o Índice de abrangência (ia) e o diâmetro à altura do peito (DAP) para <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	86
Figura 23. Correlação negativa entre o Índice de abrangência e a altura total para <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias dos parâmetros de radiação fotossintética ativa (PAR) e índice de área foliar (LAI) em plantas de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess localizadas em dois ambientes, APS (adultas a pleno sol) e AS (adultas à sombra) no Jardim Botânico de Faxinal do Céu (JBFC).....	42
Tabela 2. Teores de pigmentos clorofílicos da espécie <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess em plantas adultas de ambiente sombreado e á pleno sol e em plantas jovens de ambiente sombreado, sombrite e estufa durante a estação climática do inverno. Tratamentos: AS (adulta sombreado), APS (adulta pleno sol), JE (jovem estufa), JS (jovem sombrite) e JM (jovem mata).....	61
Tabela 3. Tabela de frequência para as classes de diâmetro de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	77
Tabela 4. Caracterização das variáveis morfométricas para <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess com número de indivíduos (n) = 20. CV: coeficiente de variação.	78
Tabela 5. Modelos matemáticos obtidos das correlações entre as variáveis morfométricas de <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.....	82

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	10
SUMÁRIO.....	11
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVO(S).....	17
2.1. OBJETIVO GERAL:	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1. Família Myrtaceae.....	18
3.2. <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess	20
3.3. Manejo sustentável.....	22
3.4. Pigmentos Fotossintéticos.....	23
3.5. Fluorescência da Clorofila <i>a</i> e a sua relação com a energia luminosa	24
3.6. Morfometria e dinâmica de crescimento de árvores	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
4. CAPÍTULO 01 – ANÁLISE DOS DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO SOBRE A EMISSÃO DA FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA <i>a</i> E O TEOR DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	38
RESUMO	38
ABSTRACT	39
4.1. INTRODUÇÃO	40
4.2. MATERIAS E MÉTODOS	41
4.2.1. Área de Estudo	41
4.2.2. População de <i>E. pyriformis</i> Cambess	41
4.2.3. Análise da Radiação Fotossintética Ativa (PAR) e Índice de área Foliar (IAF).....	42
4.2.4. Fluorescência da Chl <i>a</i>	42
4.2.5. Análise do teor de pigmentos (Chl <i>a</i> , <i>b</i> e carotenóides totais).....	43
4.2.6. Análise estatística	44
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.3.1. Fluorescência da Clorofila <i>a</i>	45
4.3.2. Teor de Pigmentos Clorofilianos	61
4.4. CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
5. CAPÍTULO 02 – MORFOMETRIA E RELAÇÕES DENDOMÉTRICAS DE	

<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess NO JARDIM BOTÂNICO DE FAXINAL DO CÉU – PINHÃO, PR.	72
RESUMO	72
ABSTRACT	73
5.1. INTRODUÇÃO	74
5.2. MATERIAIS E MÉTODOS	75
5.2.1. Caracterização e localização da área de estudo	75
5.2.2. Levantamento dos Dados	75
5.2.3. Análise dos Dados	76
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
5.3.1. Características Morfométricas	77
5.3.2. Análise de correlação entre as variáveis morfométricas	82
5.4. CONCLUSÕES	88
5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

RESUMO

Suélen Steinheuser Hellmann. Ecofisiologia e Morfometria como Ferramenta para o Manejo Sustentável de *Eugenia pyriformis* Cambess.

Eugenia pyriformis Cambess popularmente conhecida como uvaia é um espécie nativa da região sul do Brasil e do estado de São Paulo, ocorre também na região Sudeste, Goiás e Mato Grosso do Sul, pertencente a família das Mirtaceas que engloba uma série de espécies nativas com potencial econômico devido aos seus produtos com fins não madeireiros (sementes, frutos, óleos) e madeireiros. Sabe-se que *Eugenia pyriformis* Cambess possui potencial para reflorestamento de áreas degradadas devido às suas características silviculturais, como elevado índice de regeneração, rápido crescimento e desenvolvimento, e também sua frutificação precoce, entretanto pouco se conhece a respeito da domesticação da espécie. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características ecofisiológicas e demonstrar as relações morfométricas de *Eugenia pyriformis* Cambess com o intuito de fornecer subsídios para o desenvolvimento de seu manejo adequado. O trabalho demonstrou a importância da utilização de espécies nativas, relacionando características fisiológicas e morfométricas de *E. pyriformis* Cambess, ressaltando o desenvolvimento de trabalhos posteriores com a espécie com o objetivo de desvendar o crescimento e desenvolvimento da espécie.

Palavras-chave: uvaia, fluorescência da clorofila *a*, morfometria.

ABSTRACT

Suélen Steinheuser Hellmann. Ecophysiology and Morphometry as a Tool for the Sustainable Management of *Eugenia pyriformis* Cambess.

Eugenia pyriformis Cambess, commonly known as uvaia, is a native species of the southern region of Brazil and the state of São Paulo, occurs also in the Southeast, Goiás and Mato Grosso do Sul, which belongs to the Mirtaceae family, which includes a number of native species with economic potential due to its non-timber products (seeds, fruits, Oils) and loggers. It is known that *Eugenia pyriformis* Cambess has potential for reforestation of degraded areas due to its silvicultural characteristics, such as high regeneration rate, rapid growth and development, and also its early fruiting, however little is known about the domestication of the species. In this context, the objective of this work was to evaluate the ecophysiological characteristics and to demonstrate the morphometric relationships of the species *Eugenia pyriformis* Cambess with the purpose of providing subsidies for the development of its appropriate management. The work demonstrated the importance of the use of native species, relating physiological and morphometric characteristics of *E. pyriformis* Cambess, emphasizing the development of later work with the species with the objective of uncovering the growth and development of the species.

Key words: uvaia, chlorophyll *a* fluorescence, morphometry.

1. INTRODUÇÃO

As espécies nativas apresentam um papel ímpar em seu ambiente natural, desencadeando interesse econômico e ambiental sobre elas. As espécies nativas são plantas vitais para a manutenção do ecossistema em que estão inseridas, devido ao fato de serem naturais da região onde ocorrem e altamente adaptadas às condições edafoclimáticas, possibilitando o seu equilíbrio e garantindo o bom funcionamento da floresta, manutenção da fauna local, qualidade de solo e água, entre outros fatores (GORENSTEIN, 2006; JÚNIOR, 2013; LIMA, 2016).

Os poucos estudos sobre a *Eugenia pyriformis* Cambess, espécie nativa do Brasil com distribuição geográfica registrada para a região sul do Brasil, sudeste e centro oeste (STEFANELLO et al., 2009; CARVALHO, 2010, Sobral et al., 2015) relatam que esta espécie se adapta facilmente aos diferentes habitats, com desenvolvimento e crescimento rápido. *E. pyriformis* Cambess possui elevado índice de regeneração, alta capacidade em dispersar suas sementes com ciclo de vida curto e alto poder de colonização (SCALON; DELL'OLIO; FORNASIERI, 2004), além de ser adaptada a ambientes a pleno sol (CARVALHO, 2010). Desta forma, a investigação das características da espécie em florestas naturais possibilita a compreensão das formas de seu crescimento, pois pouco se conhece sobre a domesticação dessa espécie.

Nesse contexto, a utilização de espécies arbóreas em programas de reflorestamento torna-se viável em decorrência de suas características silviculturais e o fato de apresentar adaptações para ambientes a pleno sol. Espécies com estas características poderiam ser indicadas em fruticulturas, bem como para regeneração de áreas degradadas.

Diversas variáveis podem ser utilizadas para analisar as respostas do crescimento e desenvolvimento das plantas em relação aos níveis de luminosidade que as plantas recebem, como as medidas de crescimento, teor de pigmentos fotossintéticos, fotossíntese e fluorescência da clorofila *a* (LIMA, 2010). Essas análises em conjunto, podem indicar alterações na morfologia da planta, além de modificações no aparato fotossintético. Contudo, pouco se conhece sobre o uso dessas relações, no que se refere ao comportamento de plantas arbóreas tropicais jovens submetidas às diferentes intensidades de irradiância.

A pesquisa dos parâmetros fisiológicos tem capacidade de fornecer informações úteis acerca de eventos sobre os processos relacionados ao desempenho fotossintético,

devido à capacidade em detectar padrões no comportamento das plantas sob diferentes condições. Dentre as diferentes técnicas têm-se a análise do teor de pigmentos clorofilianos (Chl *a*, Chl *b* e carotenoides) e a avaliação da fluorescência da clorofila *a*.

A fluorescência da clorofila *a* é uma das formas de dissipação de energia quando uma planta absorve energia solar e ainda retrata uma pequena porção da energia dissipada pelo sistema fotossintético. A fluorescência da clorofila *a* é um método muito utilizado na compreensão da estrutura e função do aparato fotossintético. Informações sobre a capacidade fotossintética, em maior proporção para o fotossistema II e a vitalidade de uma planta são obtidas pela medição da fluorescência da clorofila *a* (STRASSER, SRIVASTAVA e TSIMILLI-MICHAEL, 2001).

Os fotossistemas são constituídos por pigmentos, clorofila e carotenoides, que são responsáveis por absorver a energia luminosa para que o processo fotossintético possa ocorrer. Desta forma estes pigmentos apresentam um papel fundamental na manutenção do aparato fotossintético, além de funcionarem como um complexo antena, de captação de energia (LARCHER, 2006).

Além da investigação da fluorescência da clorofila *a* em arbóreas frutíferas, com o intuito de aprimorar as ações silviculturais, principalmente de espécies da flora nativa em reflorestamentos é necessário conhecer as características morfométricas, como altura e diâmetro de copa, e acompanhar a dinâmica das florestas e do crescimento das árvores no seu ambiente natural (DURLO, 2001; DURLO et al., 2004; ROMAN et al., 2009). Diante desses fatos, relacionar características fisiológicas com as relações morfométricas de uma espécie pode ser eficaz na escolha do manejo adequado e sustentável para a população vegetal. Apesar de toda a sua importância na estrutura das florestas, estudos ecológicos sobre *E. pyriformis* Cambess e toda a família Myrtaceae ainda são escassos.

Diante desses fatos, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar as características ecofisiológicas e demonstrar as relações morfométricas de *Eugenia pyriformis* Cambess com o intuito de fornecer subsídios para o desenvolvimento de seu manejo adequado.

2. OBJETIVO(S)

2.1. OBJETIVO GERAL:

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características ecofisiológicas e demonstrar as relações morfométricas de *Eugenia pyriformis* Cambess com o intuito de fornecer subsídios para o desenvolvimento do seu manejo adequado.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Avaliar o emprego da fluorescência da clorofila *a* na caracterização fisiológica de indivíduos de *E. pyriformis* Cambess com diferentes idades;
- Avaliar o emprego da fluorescência da clorofila *a* na caracterização fisiológica de indivíduos de *E. pyriformis* Cambess com diferentes níveis de sombreamento;
- Associar a análise da fluorescência da clorofila *a* ao teor de pigmentos na caracterização adaptativa de *E. pyriformis* Cambess em diferentes idades e distintos níveis de sombreamento;
- Descrever a morfometria de *Eugenia pyriformis* Cambess no Jardim Botânico de Faxinal do Céu – Paraná.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Família Myrtaceae

A família Myrtaceae abrange cerca de 144 gêneros e mais de 5700 espécies no mundo, apresentando uma distribuição vasta por todo território mundial, desde pequenos arbustos até árvores de maiores dimensões, com exceção da Antártica e pouca presença no continente Africano (MARCHIORI; SOBRAL, 1997). No Brasil, são 23 gêneros registrados com aproximadamente 1000 espécies (SOBRAL et al., 2013), distribuídas por todo o território nacional, com maior abrangência na Mata Atlântica e na área de restinga (LANDRUM; KAWASAKI, 1997), sendo que cerca de um terço do total de espécies pertence ao gênero *Eugenia* (ROMAGNOLO; SOUZA, 2006).

As plantas nativas desta família são apreciadas pela fauna e população local devido à produção de frutos comestíveis, sendo consumidos *in natura*, ou na forma de sucos e compotas, as mais proeminentes para cunho comercial (MARCHIORI; SOBRAL, 1997). Dentre as espécies mais conhecidas desta família estão a goiabeira (*Psidium guajava* L.), a jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Mart.) e a pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) (GRESSLER; PIZO; MORELLATO, 2006).

Apesar de apresentarem importância na estrutura das florestas nativas, estudos ecológicos que abordem as plantas arbóreas, especificamente as Myrtaceae, ainda são escassos, principalmente nas florestas da região sul do Brasil (FONTANA; GRASPER; SEVEGNANI, 2014), gerando assim uma preocupação quanto a preservação destes locais. Pois, conforme Landrum e Kawasaki (1997) espécies de Myrtaceae estão desaparecendo gradualmente da natureza antes que se tenha conhecimento básico de suas características biológicas.

As espécies pertencentes a família Myrtaceae apresentam dispersão zoocórica, utilizando para isto vários grupos da fauna, como aves, mamíferos, répteis e peixes para dispersar suas sementes (GRESSLER; PIZO; MORELLATO, 2006). Devido a essa característica, destaca-se a importância da utilização dessas espécies em processos de restauração de áreas ambientais, uma vez que encontram na fauna inúmeros dispersores naturais, além de apresentarem técnicas viáveis para a silvicultura tornando possível a colonização de áreas distintas e aleatórias (FONTANA; GRASPER; SEVEGNANI, 2014).

A figura 01 mostra a diversidade de formas e cores de frutos e flores encontrados nas espécies de Myrtaceae. As flores são em geral hermafroditas, com estames numerosos e em sua maioria de cor branca (LANDRUM; KAWASAKI., 1997), já em relação aos frutos variam muito em forma e tamanho, apresentando características específicas de acordo com a espécie.



Figura 1. Espécies de Myrtaceae brasileiras. Flores: 1. *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret. 2. *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg. 3. *Calycorectes australis* D. Legrand. 4. *Calypranthes lanceolata* O. Berg. 5. *Campomanesia pubescens* (DC.). O. Berg. 6. *Eugenia stipitata* McVaugh. 7. *Myrcia rostrata* (Sw) DC. 8. *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh. Frutos: 9. *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. 10. *Eugenia cuprea* (O. Berg) Mattos. 11. *Eugenia mosenii* (Kausel) Sobral. 12. *Eugenia multicostata* D. Legrand. 13. *Gomidesia flagellaris* D. Legrand. 14. *Marlierea obscura* O. Berg. 15. *Myrceugenia myrcioides* (Cambess.) O. Berg. 16. *Psidium guajava* L.m Autor: (GRESSLER; PIZO; MORELLATO, 2006).

Os indivíduos que pertencem a esta família desenvolvem-se em solos com baixa quantidade de nutrientes como magnésio e fósforo e apresentam importância econômica em diversas áreas, tais como medicinal, alimentícia e industrial (CUSTÓDIO et al., 2013), portanto justifica-se o fato da necessidade de estudos abrangendo as espécies desta família.

3.2. *Eugenia pyriformis* Cambess

Cerca de um terço do total de espécies da família Myrtaceae pertencem ao gênero *Eugenia*, representando o segundo maior gênero em número de espécies no Brasil. As plantas deste gênero podem variar entre arbustos e árvores de 3 a 12 metros de altura. As flores são dispostas em racemos, dicásios ou isoladas; botões florais abertos e apresentam quatro sépalas desiguais, sendo duas maiores e duas menores e quatro pétalas semelhantes. O fruto varia de baga globosa a elipsóide de coloração amarela, alaranjada, vermelha, vinácea até preta (ROMAGNOLO; SOUZA, 2006)

O gênero *Eugenia* é considerado um grupo importante das mirtáceas, isso devido ao seu valor comercial, nutricional e medicinal diante do restante de espécies nativas que constituem a família (SILVA et al., 2003).

Entre todas as espécies de *Eugenia* encontra-se *Eugenia pyriformis* Cambess. Uma planta arbórea da família Myrtaceae conhecida popularmente como uvalha, uvaia-do-mato e até uvalheira (LORENZI et al., 2006; ARMSTRONG et al., 2012). Sua distribuição abrange os estados da região sul do Brasil, sudeste e centro oeste, além de ser encontrada na Argentina e no Paraguai (STEFANELLO et al., 2009, SOBRAL et al., 2015).

A uvaia apresenta uma madeira considerada dura, muito resistente e de boa durabilidade e tem sido utilizada na forma de mourões, estacas, postes, lenha e carvão regionalmente, além de ser resistente a doenças (JUSTO et al., 2007, CARVALHO, 2010). É uma espécie de hábito arbóreo e comportamento perene ou sempre verde, seu desenvolvimento e crescimento é considerado rápido, com frutificação precoce (CARVALHO, 2010).

Em relação as características morfométricas, as maiores árvores podem atingir cerca de 15 metros de altura e 40 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) na idade adulta com diâmetro da copa (dc) geralmente variando de 6 a 7 metros (CARVALHO, 2010). Apresenta uma copa alongada, a qual é formada por suas folhas associadas com

flores brancas e frutos de cores amarelos ou alaranjados que a torna muito atraente para os animais responsáveis pela dispersão de suas sementes (ANDRADE; FERREIRA, 2000). A figura 02 representa as partes de um exemplar da espécie *E. pyriformis* Cambess (indivíduo adulto, flores e fruto) encontrado no Jardim Botânico de Faxinal do Céu.



Figura 2. Representação de um indivíduo adulto de *Eugenia pyriformis* Cambess (A), suas flores brancas (B) e seu fruto alaranjado (C). Autoria própria.

As folhas são simples, subcoriáceas com lâmina foliar medindo de 2,5 cm a 6 cm de comprimento por 0,8 cm a 2 cm de largura, apresentam pêlos na superficial abaxial que caracteriza um brilho particular da espécie (CARVALHO, 2010; ARMSTRONG, 2012). As flores são solitárias ou em cachos axilares, hermafroditas com coloração branca e a floração da espécie varia podendo ocorrer no período de novembro a janeiro (ARMSTRONG, 2012).

Assim como a floração, a frutificação varia de acordo com o local e os fatores que influenciam seu desenvolvimento, bem como clima e os níveis de precipitações. Franzon et al., (2004) menciona que no Paraná a frutificação acontece de janeiro a fevereiro. Carvalho (2010) afirma que em exemplares cultivados em solo fértil, o início da frutificação pode ocorrer entre 4 a 5 anos de idade, favorecendo a frutificação precoce da espécie e a utilização em áreas degradadas.

Os frutos são amarelos ou alaranjados, apresentam aroma agradável e sabor adocicado, são aveludados com bagas globosas e grandes, medindo aproximadamente 2 a 4 cm de diâmetro e possuem uma polpa comestível rica em vitamina C (CARVALHO, 2010; ARMSTRONG, 2012), além disso exibem níveis elevados de compostos fenólicos, além de apresentarem atividade antioxidante (RUFÍ et al., 2009; STEFANELLO et al., 2009). Devido à sua coloração, os frutos são muito atraentes o que aumenta seu número de dispersores naturais como, pássaros e mamíferos, e torna a espécie recomendável para o reflorestamento de áreas degradadas (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2010).

Os produtos derivados da espécie são utilizados com várias finalidades, as flores apresentam potencial apícola devido à capacidade de fornecer pólen, os frutos são muito apreciados podendo ser consumidos de forma *in natura* ou como suco, geleias e compotas valorizando seu elevado nível de vitamina C (FRANZON, 2002; CARVALHO, 2010). Porém, o período para o consumo do frutos de uvaia é muito curto já que o fruto é muito sensível a lesões, sendo assim, estudos que visam o melhoramento genético para solucionar essas deficiências, viabilizaria a comercialização para uso industrial (CARVALHO, 2010). Entre outras utilizações, a madeira é usada nas áreas onde ocorre a espécie, em termos medicinais a casca da árvore pode ser utilizada como chá e ainda a espécie é recomendada para fins ornamentais.

Além de todas as características silviculturais citadas acima, que visam a utilização da espécie no reflorestamento de áreas degradadas, a uvaieira é uma espécie que tolera baixas temperaturas (CARVALHO, 2010) e desenvolve-se em vários tipos de ambientes, desde poucos perturbados pela ação antropogênica até áreas abertas e ainda ocupadas por pastagem (ROMAGNOLO; SOUZA, 2006). De qualquer forma, é indicado como sistema de plantio para a espécie locais com elevados níveis de radiação solar, ou seja, a pleno sol. Assim, devido as características citadas pode ser investigada a utilização da uvaieira na fruticultura.

3.3. Manejo sustentável

De acordo com o inciso IX do Art. 2º da Resolução CONAMA nº 406-2009, o termo manejo sustentável apresenta a seguinte definição: “É a administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais,

respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto de manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços”.

Portanto, o conhecimento de um manejo adequado para determinada espécie viabiliza o aumento da exploração dos seus recursos e produtividade sem afetar o ecossistema onde a espécie está inserida.

Além disso, o manejo adequado da *E. pyriformis* Cambess pode ser uma excelente ferramenta visando além do aspecto ambiental da espécie, através do reflorestamento de matas degradadas, mas também a utilização de compostos extraídos da planta, como os seus frutos e seus óleos essenciais.

Porém, existem muitos problemas a cerca da exploração dos produtos naturais produzidos pela planta sendo necessário o conhecimento a cerca do ciclo de vida de cada espécie estudada. Um exemplo citado por Fiedler, Soares e Silva (2008) é a retirada de frutos e sementes sem controle, tendo impacto na dispersão e consequentemente na produção de novas mudas.

3.4. Pigmentos Fotossintéticos

As clorofilas e os carotenoides são pigmentos encontrados nos vegetais capazes de absorver a luz visível e desencadear os processos fotoquímicos da fotossíntese (VICTÓRIO, 2007). O conteúdo de clorofila e carotenoides estão diretamente ligados à eficiência do aparato fotossintético das plantas, bem como ao seu crescimento e à adaptação a diversos ambientes (ZANELLA, 2016), a adaptação das folhas e dos cloroplastos à irradiância alta ou baixa, à luz direta do sol ou à sombra que ocorre durante o desenvolvimento foliar, incluindo adaptações morfológicas e bioquímicas especiais (LICHTENTHALER et al., 2007).

As folhas expostas a pleno sol possuem cloroplastos adaptados à alta luminosidade e realizam altas taxas de conversão quântica fotossintética, sendo que apresentam maior capacidade fotossintética em menor área foliar quando comparadas as folhas alocadas em sombra (LICHTENTHALER et al., 1984; LICHTENTHALER e BABANI, 2000; LICHTENTHALER e BABANI, 2004; LICHTENTHALER et al., 2007). Nesse contexto os teores de pigmentos fotossintéticos podem ser utilizados como importantes marcadores vegetais, respondendo em relação às variações luminosas

presentes em determinado local.

Muitos trabalhos discutem a influência de ambientes a pleno sol e sombreados sobre os teores de pigmentos clofófilianos, clorofilas e carotenoides (ENGEL e POGGIANI, 1991; GONÇALVES et al., 2001; SCALON et al., 2003; DAI et al., 2010; GONÇALVES, 2010). Por exemplo, Dai et al., (2010) observaram a resposta de plantas de *Tetrastigma hemsleyanum* cultivadas em diferentes níveis de sombreamento sobre os níveis de clorofila e encontraram maiores teores de clorofila *a* e *b* em plantas submetidas aos maiores níveis de sombreamento.

Em termos gerais, esses pigmentos tendem a aumentar com a redução da intensidade luminosa, além da concentração total desses pigmentos, a relação entre eles e entre as clorofilas *a* e *b* altera de acordo com a intensidade luminosa (ENGEL e POGGIANI, 1991).

3.5. Fluorescência da Clorofila *a* e a sua relação com a energia luminosa

A quantidade de luz recebida pela plantas é um fator diretamente relacionado aos processos fotossintéticos e ao crescimento das plantas (LIMA, 2010). O ambiente florestal apresenta uma alta heterogeneidade luminosa devido a ações naturais e ainda por ação antrópica, assim as plantas precisam desenvolver funções capazes de adaptar o seu metabolismo às novas condições ambientais (GONÇALVES, 2005b).

As espécies nativas constituem um grupo que apresenta grande diversidade de resposta à luminosidade em relação ao desenvolvimento vegetativo da parte aérea e a sobrevivência de mudas (SCALON; ALVARENGA, 1993). Portanto, o estudo da disponibilidade de irradiação é o ponto básico para conhecer o fluxo de energia em sistemas biológicos, determinando em grande parte pelos processos fisiológicos das plantas (GONÇALVES et al., 2007).

Algumas técnicas encontram-se disponíveis para a investigação do comportamento energético do sistema fotossintético das plantas, entre elas tem-se a medição da emissão da fluorescência da clorofila *a* que auxilia na compreensão dos eventos que cercam o processo fotossintético, podendo relacionar às condições do ambiente em que a planta está inserida. Características como vitalidade, produtividade, sensibilidade e resistência a estresse podem ser investigadas por meio da fluorescência da clorofila *a* para descrever os comportamentos de sistemas complexos e sua dinâmica, tais como árvores, florestas e ecossistemas completos (CARVALHO, 2013).

As moléculas de pigmentos, em maior parte a clorofila são responsáveis por absorver a energia luminosa em forma de fótons. Nesse momento as clorofilas passam do estado basal (Chl *a*) para seu estado excitado, que corresponde ao seu nível de energia mais alto (Chl *a**). Este estado é caracterizado por ser muito instável, assim os pigmentos fotossintéticos dissipam a energia recebida da luz através de três vias de dissipação: dissipação fotoquímica (energia utilizada nos processos fotoquímicos da fotossíntese), dissipação não-fotoquímica (energia liberada na forma de calor) e a fluorescência (energia liberada na forma de radiação) (CAMPOSTRINI, 2001).

A fluorescência da clorofila *a* compreende uma pequena porção da energia dissipada pelo sistema fotossintético de uma planta. Ainda assim é um método muito utilizado na compreensão de sua estrutura e função. Informações sobre o fluxo da energia, distribuição e funções desempenhadas pela fotossíntese, em maior proporção para o fotossistema II são informações obtidas pela medição da fluorescência da clorofila *a* (STRASSER; SRIVASTAVA; TSIMILLI-MICHAEL, 2000).

A análise da fluorescência da clorofila *a* é uma técnica não destrutiva, altamente sensível e considerada simples que permite a análise quantitativa e qualitativa da absorção e utilização da energia luminosa pelo aparato fotossintético. Variações no funcionamento do aparato fotossintético de uma planta podem ser detectados pela variação do teor de clorofila e nas medições da emissão de fluorescência em folhas dos indivíduos de determinada espécie submetida à diferentes condições ambientais (BRESTIC e ZIVCAK, 2013; SANTOS 2016).

A determinação da fluorescência da clorofila *a* por ser uma técnica rápida e precisa, tem sido utilizada para investigar danos causados por vários tipos de estresse sobre o aparato fotossintético de plantas. Gonçalves et al., (2007) estudaram os efeitos de duas condições, sol e sombra, sobre o fluxo energético e variáveis da fluorescência da clorofila *a* em plantas jovens de copaíba (*Copaifera multijuga*) e de mogno (*Swietenia macrophylla*). Neto et al., (2011) avaliaram o efeito do estresse salino sobre os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* em plantas de girassol com o objetivo de selecionar genótipos tolerantes e sensíveis à salinidade. Gonçalves et al., (2012) investigaram a capacidade de captura e uso de energia luminosa em *Genipa spruceana* sob três condições de crescimento: 1- ausência de alagamento (SA), 2- plantas parcialmente alagadas (PA) e 3- plantas totalmente alagadas (TA). Muitos desses estudos são baseados na medição da fluorescência da clorofila *a* e por meio da construção de uma curva de cinética rápida, denominado teste OJIP.

O teste OJIP ou JIP-teste é resultado da iluminação de uma amostra fotossintética que se encontra adaptada ao escuro e através da curva de indução rápida ou transitória fornece os dados para a análise da fluorescência da clorofila *a*. Os estudos de fluorescência quando as plantas estão adaptadas ao escuro permitem a identificação da máxima eficiência do aproveitamento da energia luminosa (ZANANDREA et al., 2006).

O transiente OJIP é uma ferramenta de análise da cinética rápida da fluorescência que fornece informações detalhadas a respeito da estrutura e função do aparato fotossintético, especialmente do fotossistema II (PSII), podendo ser útil na avaliação da vitalidade das plantas (LAZÁR, 2006, ZUSHI et al., 2012).

O teste OJIP baseia-se na teoria do "fluxo de energia" pelas membranas dos tilacoides (STRASSER et al., 2000). Embora o teste OJIP seja uma simplificação da teoria do fluxo de energia, incorpora informações complexas sobre a estrutura do complexo antena, bem como o arranjo de pigmentos e sua complexidade (FORCE et al., 2003), a figura 3 apresenta uma curva normal do teste OJIP.

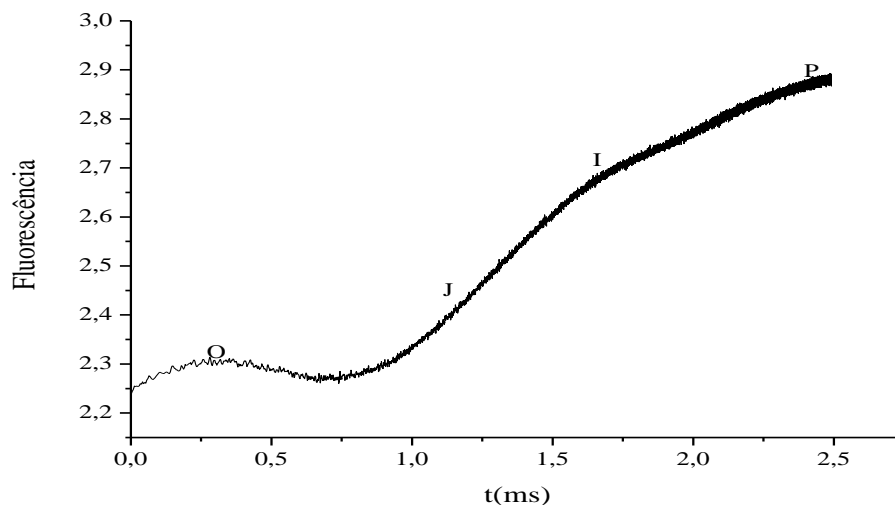


Figura 3. Curva de Kautsky de uma folha verde saudável e a expansão da fase de rápida ascensão à curva OJIP exponencial. Fonte própria.

Os resultados do teste OJIP indicam uma série de parâmetros que permite realizar o cálculo de indicadores do aparato fotossintético, como por exemplo, o fluxo de energia e rendimentos quânticos (STRASSER et al., 2004), utilizados na avaliação das funções do PSII.

Cada ponto da curva representa uma parte do processo fotossintético, ao iluminar a amostra fotossintetizante com um pulso de luz forte ocorre a redução dos aceptores do PSII (redução da QA (quinona A) que diz respeito ao ponto O-J. Já no ponto I ocorre a redução do *pool* de plastoquinonas e a última fase (P) diz respeito ao momento em que todos os centros de reação tornam-se fechados (Qa reduzida), quando ocorre a passagem de elétrons do fotossistema II para os aceptores do fotossistema I (CAMPOSTRINI, 2001; TOTH et al, 2007), atingindo a fluorescência em seu nível máximo.

Além da cinética rápida, também pode-se medir a fluorescência da clorofila *a* pela cinética lenta. Em relação a cinética lenta, as principais variáveis avaliadas neste tipo de cinética são: fluorescência inicial ou basal (F_o), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) que é obtida através da diferença de F_m e F_o e é estimado a relação de F_v/F_m que indica o desempenho do fotossistema II, o PSII. Estes parâmetros podem ser utilizados para se medir a funcionalidade do PSII.

De acordo com Araújo e Demenicis (2009), quanto menor o valor da relação F_v/F_m maior o efeito fotoinibitório que uma planta está sofrendo. Neste caso, algum tipo de estresse que regula a atividade do PSII, pode estar ocorrendo sendo uma inibição reversível ou então irreversível ocasionando danos para a planta.

O primeiro pulso de saturação que ocorre na folha de uma planta adaptada ao escuro resulta nos parâmetros F_v , F_o e F_m sem apóstrofe (‘), a partir do segundo pulso as variáveis são representadas com apóstrofe, indicando que as plantas estão adaptadas a luz. O símbolo apóstrofe (‘) é utilizado em trabalhos para diferenciar quando os parâmetros são obtidos em folhas de plantas adaptadas à luz ou ao escuro (BAKER; ROSENQVIST, 2004), como observado na figura 4.

A fluorescência inicial representa o momento em que todos os centros de reação estão “abertos” (F_o), fluorescência máxima ocorre após o pulso de luz no centro de reação QA indicando a completa redução da QA (F_m), enquanto a fluorescência variável representa o fluxo de elétrons do PSII até a plastoquinona (F_v) (MAXWELL; JOHNSON, 2000).

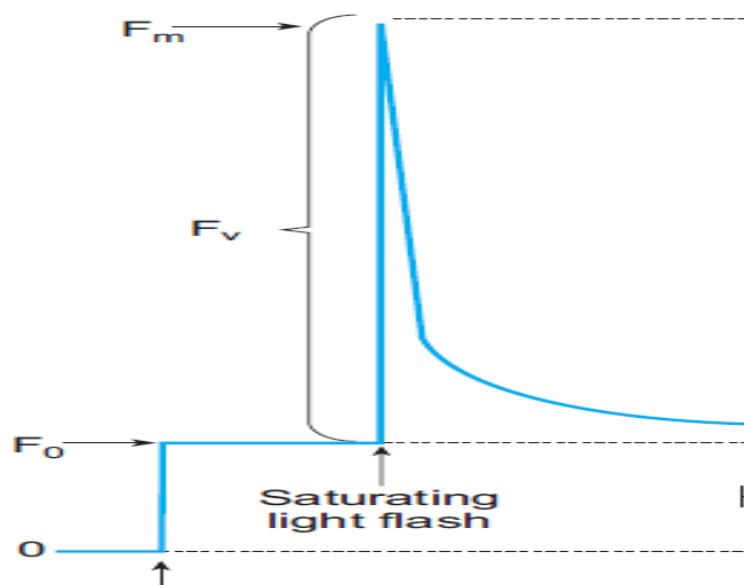


Figura 4. Gráfico representando a cinética lenta da fluorescência da clorofila *a* utilizando o método de pulsos de saturação com análise de dissipação de energia (BRESTIC e ZIVCAK, 2012).

A avaliação dos processos fotossintéticos das plantas a partir da análise dos parâmetros obtidos pela cinética lenta da fluorescência da clorofila *a* permite obter informações a cerca da estrutura e função do aparato e quantificar o desempenho da atividade fotossintética (GALAZZI, 2011), bem como avaliar influências das condições ambientais e do estresse sobre as plantas. É possível identificar fatores de estresse antes que os sintomas se tornem visíveis através das medições da fluorescência da clorofila *a*, e ainda sem que ocorra alterações no conteúdo de pigmentos (TSIMILLI-MICHAEL e STRASSER, 2008).

3.6. Morfometria e dinâmica de crescimento de árvores

Além das características ecofisiológicas, a morfometria e a dinâmica de crescimento de árvores correlacionadas podem ser eficientes na compreensão de um manejo adequado para a espécie.

Muitos autores iniciaram os estudos sobre as variáveis que caracterizam a dinâmica das árvores no ambiente, entre eles destacam-se Burguer (1939) e Assmann (1961) que foram os principiantes na investigação a respeito das formas das copas das árvores e a criação dos modelos de copa. O conhecimento das características morfométricas de uma árvore como, o diâmetro do tronco e a altura fornecem subsídio para determinar o manejo adequado de acordo com o local em que a espécie está

inserida visando o baixo impacto na floresta nativa, promovendo assim a sua conservação e expansão da espécie (Orellana e Koehler, 2008).

De acordo com Durlo (2001), a morfometria das plantas sofre alterações ao longo do seu crescimento, encontrando-se suscetível a influência de fatores como espaçamento de plantio, condições edafoclimáticas, além de competição entre copas. Portanto, segundo Orellana & Koehler (2008) as características morfométricas diferem de acordo com a posição e espaço ocupado pela planta no espaço dimensional da floresta.

O estudo das características morfométricas ou relações morfométricas, assim como o acompanhamento da dinâmica das formas de crescimentos das árvores é indispensável para aprimorar as intervenções silviculturais (desbaste, desrama, etc.), ainda mais quando pretende-se utilizar espécies nativas em reflorestamentos com interesses econômicos (Durlo, Sutili e Denardi, 2004). Assim, de acordo com Hasenauer (1997), a morfometria de uma árvore e as variáveis que derivam são utilizadas para transmitir uma ideia das relações interdimensionais, além de reconstituir o espaço utilizado por cada árvore, sua vitalidade e finalmente produtividade.

De acordo com Machado e Figueiredo Filho (2006) entre as variáveis descritas em uma árvore, o diâmetro à base do peito (DAP) é uma das mais importantes pois representa uma medida básica necessária para calcular a área transversal e também utilizada na estimativa do diâmetro da copa. Além deste parâmetro, a altura é indispensável, pois é uma das variáveis que define as relações dendrométricas.

Para uma melhor compreensão das relações morfométricas, Burguer (1939) desenvolveu um modelo de árvore e através disso, Durlo e Denardi (1998) apresentaram as definições das principais variáveis morfométricas, descritas a seguir:

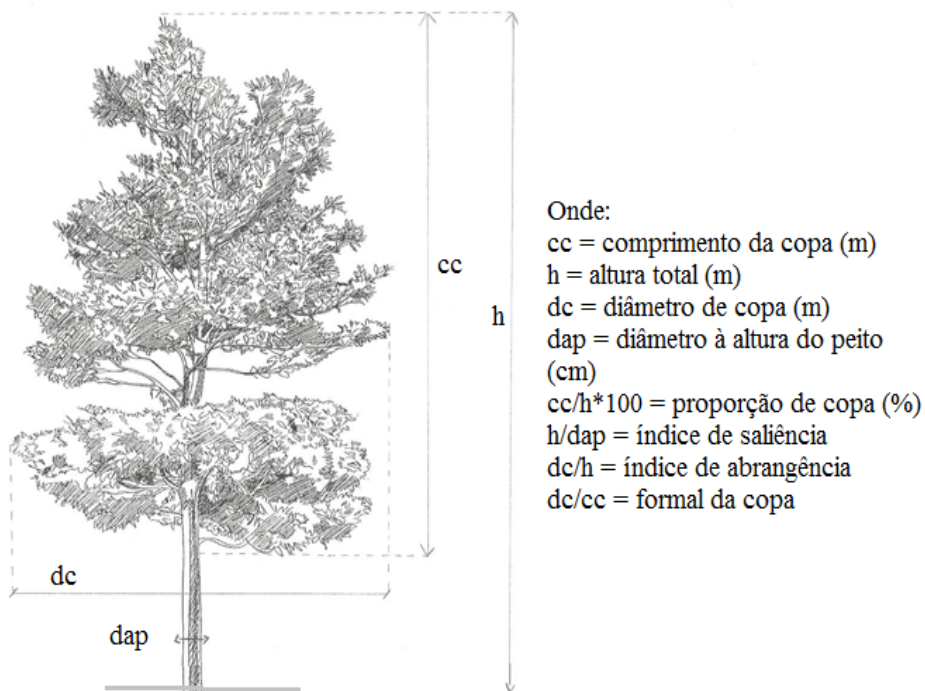


Figura 5. Modelo de árvore adaptados de Burguer (1939). Fonte: autor.

Diâmetro de copa: é uma das principais variáveis, sendo básica para a dedução de outras características morfométricas, é definida como a distância entre as linhas de projeção dos pontos mais externos da copa.

Projeção da copa: é a área que corresponde a superfície coberta pela projeção vertical da copa de uma árvore. Através da área de projeção da copa é possível conhecer o espaço ocupado por uma árvore e, quando se dispõe de dados de incremento, que se calcule a produção e a produtividade da mesma.

Proporção de copa: é a relação entre o comprimento da copa e a altura total da árvore. Está variável (juntamente com características qualitativas da copa) é um indicador da vitalidade das árvores, além de indicar o grau de concorrência sofrido pela árvore ao longo do tempo.

Grau de esbeltez: é a relação de h/DAP , caracteriza a estabilidade das árvores. Sendo que, quanto mais alto o grau de esbeltez, mais instável é a árvore.

Índice de Saliência: é a relação entre o diâmetro da copa e o DAP. Este índice expressa quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP e é usado para determinar o momento necessário para realizar desbaste sem que ocorra concorrência.

Índice de abrangência: é calculado pela relação entre o diâmetro de copa e a altura total

da árvore, também utilizado como indicador de desbaste.

Formal de copa: relação entre o diâmetro de copa e a altura da mesma. Quanto menor é o forma de copa, maior é a produtividade da árvore.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. N. B. de.; FERREIRA, A. G. Germinação e Armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia Pyriformis* Camb.) *Myrtaceae*. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 22, n. 2, p. 180-125, 2000.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da Fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

ARMSTRONG, L. **Estudos morfoanatômico, fitoquímico e de atividades biológicas de folha e caule de *Eugenia pyriformis* Cambess., Myrtaceae**. 120 f. Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

ASSMANN, E. **Waldertragskunde**. München: Bayr, Landw, Verlag, 1961. 490 p.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BRESTIC, M.; ZIRVCAK, M. PSII fluorescence techniques for measurement of drought and high temperature stress signal in crop plants: protocols and applications. In ROUT, G. R.; DAS, A. B. **Molecular Stress Physiology of Plants**. Bhubaneswar, India: Springer Dordrecht, p 87-133, 2013.

BURGER, H. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. Mitt. Schweiz. **Anst. f. forstl. Vers. Wesen** v. 21, p. 147-176, 1939.

CAMPOSTRINI, E. Fluorescência da clorofila *a*: considerações teóricas e aplicações práticas. Campostrini, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2001.

CARVALHO, P. E. R. Espécies Arbóreas Brasileiras. **Embrapa Informação Tecnológica**. p. 644 v.4. Embrapa Florestas, 2010.

CARVALHO, C. R. D. de. **Relação entre parâmetros ecofisiológicos e a produção de óleos essenciais em espécies arbóreas**. 56 f. Dissertação (mestrado) - Programa de pós-graduação em agroecossistemas, Universidade Federal de Sergipe, 2013.

CUSTÓDIO, D. L.; KOLB, R. M.; FARIA, T. J. de.; BIANCHINI, E. *Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) L.R. Landrum (Myrtaceae): stem and leaf anatomy of a medicinal plant. **Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 111-124, jul./dez. 2013.

DAI, Y.; SHEN, Z.; LIU, Y. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum*, Diels et Gilg. **Environmental and Experimental Botany**, v. 65, p. 177–182, 2010.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. In: **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-66, nov.1998.

DURLO, M. A. Relações Morfométricas para *Cabranea canjerana* (well.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-149, 2001.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 79-89, 2004.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Rev. Bras. Fisiol. Vegetal**. 3(1):39- 45, 1991.

FIEDLER, N. C.; SOARES, T. S.; SILVA, G. F. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. vol.10, n. 2, Jul/Dez 2008.

FRANZON, R. C.; RASEIRA, M.C.B.; CORRÊA, E.R. Potencialidades agronômicas de algumas mirtáceas frutíferas nativas do Sul do Brasil. In: RASEIRA, M.C.B.; ANTUNES, L.E.C.; TREVISAN, R.; GONÇALVES, E.D. Espécies frutíferas nativas do sul do Brasil. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, p.99-106, 2004.

FRANZON, M. R. C.; RASEIRA, M. C. B.; JÚNIOR, A. W. Germinação in vitro de pólen de guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* BERG). **Ceres**, v. 53, n. 305, p. 129-134, 2008.

FONTANA, C.; GASPER, A. L. de.; SEVEGNANI, L. Espécies raras e comuns de Myrtaceae da Floresta Estacional Decidual de Santa Catarina, Brasil. **Rodriguésia**. v. 65, n. 3, p. 767-776. 2014.

FORCE L.; CRITCHLEY C.; RENSEN J. J. S. New fluorescence parameters for monitoring photosynthesis in plants. **Photosynth. Res**. 78:17-33, 2003.

GALAZZI, E. B. Desempenho fotossintético de plantas de *Jatropha curcas* L. cultivadas no estado do Espírito Santos. p. 60. **Dissertação (mestrado)**. Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

GORENSTEIN, M.R.; BORGES, P.C.A.; POLETTO, R de S. Comportamento Silvicultural de 6 Espécies Nativas na Revegetação da Mata Ciliar do Córrego Barreiro em Garça-SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal** - 1678-3867. Publicação científica da faculdade de agronomia e engenharia florestal de garça/faef. Ano iv, número 07, fev/2006.

GONÇALVES, J. F de C.; MARENCO, R. A.; VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, 13(2):149-157, 2001.

GONÇALVES, J. F de C.; SANTOS JÚNIOR, U. M. Utilization of chlorophyll *a* fluorescence technique as a toll for selecting tolerant species to environments of high irradiance. **Braz. J. Plant. Physiol.**, 17(3): 307-313, 2005b.

GONÇALVES, J. F de C.; SANTOS JÚNIOR, U. M.; NINA JÚNIOR, A. R.; CHEVREUIL, L. R. Energetic flux and performance index in copaíba (*Copaifera*

multijuga Hayne) and mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings grown under two irradiance environments. **Braz. J. Plant Physiol.**, 19(3):171-184, 2007.

GONÇALVES et al. Estratégias no uso da energia luminosa por plantas jovens de *Genipa spruceana* Steyererm submetidas ao alagamento. **Acta Botanica Brasilica** 26(2): 391-398. 2012.

GRESSLER, E.; PIZO, M. A.; MORELLATO, P. C. M. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 509-530, Out/Dez 2006.

HASENAUER, H. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. In: **Forest Ecology and Management**, v. 96, p. 197-206, 1997.

JUSTO, C. F.; ALVARENGA, A de A.; ALVES; E.; GUIMARÃES, R. M.; STRASSBURG, R. C. Efeito da secagem, do armazenamento e da germinação sobre a micromorfologia de sementes de *Eugenia pyriformis* Camb. **Acta bot. bras.** 21(3): 539-551. 2007.

LANDRUM; L. R.; KAWASAKI, M. L. The genera of Myrtaceae in Brazil: an illustrated synoptic treatment and identification keys. **Brittonia**, New York, v. 49, p. 508-536, 1997.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos, SP: RiMa. p. 531, 2006.

LAZAR, D. The polyphasic chlorophyll *a* fluorescence rise measured under high intensity of exciting light. **Functional Plant Biology**, 33, 9–30, 2006.

LICHTENTHALER, H. K.; MEIER, D.; BUSCHMANN, C. Development of chloroplasts at high and low light quanta fluence rates. Israel. **J. Bot.**, v. 33, p. 185–194, 1984.

LICHTENTHALER, H. K.; BABANI, F. Detection of photosynthetic activity and water stress by imaging the red chlorophyll fluorescence, *Plant Physiol.* **Biochem.** 38, 889 – 895, 2000.

LICHTENTHALER, H. K.; BABANI, F. Light adaptation and senescence of the photosynthetic apparatus. Changes in pigment composition, chlorophyll fluorescence parameters and photosynthetic activity, in: G.C. Papageorgiou, Govindjee (Eds.), *Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*, Springer, Dordrecht. pp. 713 – 736, 2004.

LICHTENTHALER, H. K., et al. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and Chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species. **Plant Physiology and Biochemistry.** 45, 577 - 588, 2007.

LIMA, J.S.S. et al. Physicochemical properties of Gabirola (*Campomanesia lineatifolia*) and Myrtle (*Blepharocalyx salicifolius*) native to the mountainous region of Ibiapaba – CE, Brasil. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 3, p. 753 – 757, jul. – set., 2016.

- LIMA, J. D.; NOMURA, E. S.; FUZINTANI, E. J.; MODENESE-GORLA, da S. S. H. Physiological variables in anthurium cultivated under different shading screen. **Scientia agraria**, Curitiba, v.11, n.3, p.193-200, may/jun. 2010.
- LORENZI, H.; BACHER, L. B.; LACERDA, M. T. C de.; SARTORI, S. F. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura). **São Paulo: Instituto Plantar de Estudos da Flora**, p. 210-211, 2006.
- LORENZI, H. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil. 2ª Ed. São Paulo: Nova Odessa. 2002.
- MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. Dendrologia das angiospermas: Myrtales. UFSM, Santa Maria. p. 304, 1997.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. Dendrometria. **2.ed.** Guarapuava: Unicentro. v. 1000. p. 316, 2006.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, N. Chlorophyll Fluorescence – A Practical Guide. Journal of Experimental Botany. V. 354, p. 659-668, 2000.**
- NETO, A. D de A.; PEREIRA, P. P. A.; COSTA, D. P.; SANTOS, A. C. C. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salt-stress tolerance screening in the sunflower. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 42, n. 4, p. 893-897, out-dez, 2011.
- OLIVEIRA JÚNIOR, C. J. F.; GONÇALVES, F.S.; COUTO, F.; MATAJS, L. Potencial das espécies nativas na produção de plantas ornamentais e paisagismo agroecológico. **Rev. Bras. de Agroecologia. 8(3): 190-200, 2013.**
- ORELLANA, E.; KOEHLER, A, B. Relações Morfométricas de *Ocotea odorífera* (vell.) Rohwer. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237, abr./jun. 2008.
- ROMAGNOLO, M. B.; SOUZA, M. C. O gênero *Eugenia* L. (Myrtaceae) na planície de alagável do Alto Rio Paraná, Estados de Mato Grosso do Sul e Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 529-548, 2006.
- ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Morphometric variables and interdimensional relations for *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 473-480, out.-dez., 2009.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PEREZ-JIMENEZ J, SAURACALIXTO, F. D. Total phenolic content and antioxidante activity in acerola, açaí, mangaba and uvaia fruits by DPPPH method. **Acta Hort 841: 459-462, 2009.**
- SANTOS, R. L. FISILOGIA E PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO SOB AÇÃO DAS TINTURAS DE *Ligustrum lucidum* E *Hedychium coronarium* NO MANEJO DA ANTRACNOSE. p. 102. **Dissertação (mestrado) – Programa de pós-graduação em agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, 2016.**

SCALON, S.P.Q.; ALVARENGA, A.A. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platygyamus regnelli* Benth.). **Revista Árvore**, v.17, n 3, p.265-270, 1993.

SCALON, S de P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; SCALON FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.753-758, 2003.

SCALON, S de P. Q.; DELL'OLIO, P.; FORNASIERI, J. L. Temperatura e embalagens na conservação pós-colheita de uvaia *Eugenia uvalha* Cambess.- Myrtaceae. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 34, n. 6, p. 1965-1968, 2004.

SILVA, C. V.; BILIA, D. A. C.; MALUF, A. M.; BARBEDO, C. J. Fracionamento e germinação de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess. - Myrtaceae). **Revista Brasil. Bot.**, V.26, n.2, p.213-221, jun. 2003.

SOBRAL, M.; POENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F.; LUCAS, E. Myrtaceae. 2013. In: **Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/BemVindoConsultaPublicaConsultar.do>>. Acesso em 07 novembro 2016.

STEFANELLO, M. E. A.; WISNIEWSKI, A. J. R.; SIMIONATTO, E. L.; CERVI, A. C. Composição Química e Variação Sazonal dos Óleos Essenciais de *Eugenia pyriformis* (Myrtaceae). **Latin American Journal of Pharmacy**, Buenos Aires, v. 28, n. 3, p. 449-453, 2009.

STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. **Probing photosynthesis, chapter 25**. London, UK. p. 443-480, 2000.

STRASSER, R.J., TSIMILLI, M., SRIVASTAVA, A., **Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient**. In: Papageorgiou, G., Govindjee (Eds.). *Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*. Dordrecht: Springer, p. 321-362, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 3. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 690 p. 2002.

TSIMILLI, M., STRASSER, R. J. **In vivo assessment of stress impact on plants' vitality: applications in detecting and evaluating the beneficial role of Mycorrhization on host plants**. In: VARMA, A. (Ed.). *Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*, v. 3, Dordrecht: Springer, p. 679-703.2008

TÓTH, S. Z.; SCHANSKER, G.; STRASSER, R. J. A non-invasive assay of the plastoquinone pool redox state based on the OJIP-transient. **Photosynthesis Research**, v. 93, p. 193–203, 2007.

VICTÓRIO, C. P.; KUSTER, R. M.; LAGE, C. L. S. Qualidade de Luz e Produção de Pigmentos Fotossintéticos em Plantas *In Vitro* de *Phyllanthus tenellus* Roxb. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 213-215, jul. 2007.

ZANANDREA et al. Effect of salinity under fluorescence parameters *Phaseolus vulgaris*. **R. Bras. Agrobiologia**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 157-161, abr-jun, 2006.

ZANELLA, F.; SONCELA, R.; LIMA, A. L da S. Formation of yellow passion fruit seedlings under different shading treatments in Ji-Paraná/RO. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 880-884, set./out., 2006.

ZUSHI, K., KAJIWARA, S., MATSUZOE, N. Chlorophyll *a* fluorescence OJIP transient as a tool to characterize and evaluate response to heat and chilling stress in tomato leaf and fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 148, p. 39-46, 2012.

4. CAPÍTULO 01 – ANÁLISE DOS DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO SOBRE A EMISSÃO DA FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* E O TEOR DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DA *Eugenia pyriformis* Cambess

RESUMO

A capacidade das plantas se adaptarem ao ambiente depende da sua habilidade de uso e eficiência da irradiância disponível. O objetivo deste trabalho foi avaliar a emissão de fluorescência da clorofila *a* e o teor de pigmentos em plantas jovens e adultas de *Eugenia pyriformis* Cambess em ambientes com diferentes irradiâncias em duas estações do ano. As plantas jovens (2 a 4 anos) avaliadas encontravam-se em três ambientes diferentes: sombreada no Jardim Botânico de Faxinal do Céu (JBFC); em estufa e sob sombrite no Centro de Desenvolvimento Educacional e Tecnológico de Guarapuava (Cedeteg). As plantas adultas encontram-se no JBFC em ambientes a pleno e sol e sombreado. A análise dos parâmetros de fluorescência foi realizada por meio dos seguintes parâmetros: Curva OJIP, YII, F_o , F_m , F_v , F_v/F_m , F_v/F_o , ETR, q_N e q_P . A emissão da fluorescência da clorofila *a* foi avaliada utilizando o fluorômetro portátil PAM-2500 (*Portable Chlorophyll Fluorometer*). O teor de pigmentos foi estimado por espectrofotometria. Os valores da fluorescência mais baixos nas plantas de ambientes sombreados no caso da *Eugenia pyriformis* Cambess comprovaram que a espécie é característica de ambientes a pleno sol. Os parâmetros de fluorescência, rendimento quântico fotoquímico (YII) e a taxa relativa de transporte de elétrons (ETR) confirmaram a adaptação da planta a alta irradiação solar. Em relação aos pigmentos, os resultados mostraram que as plantas de ambientes sombreados apresentam maiores concentrações de pigmentos necessárias para compensar os menores índices de irradiação.

Palavras-Chave: Fluorescência Chl *a*, pigmentos, sombreamento.

ABSTRACT

The ability of plants to adapt to the environment depends on their ability to use and the efficiency of the available irradiance. The objective of this work was to evaluate the emission of chlorophyll *a* fluorescence and pigment content in young and adult plants of *Eugenia pyriformis* Cambess in environments with different irradiances in two seasons of the year. The young plants (2 to 4 years old) evaluated were in three different environments: shaded in the Botanic Garden of Faxinal do Céu (JBFC); In greenhouse and under sombrite in the Center of Educational and Technological Development of Guarapuava (Cedeteg). Adult plants are found in the JBFC in full and sun and shaded environments. The analysis of the fluorescence parameters was performed using the following parameters: OJIP curve, YII, F_o , F_m , F_v , F_v / F_m , F_v / F_o , ETR, q_N and q_P . The fluorescence emission of chlorophyll *a* was evaluated using the portable fluorometer PAM-2500 (Portable Chlorophyll Fluorometer). The pigment content was estimated by spectrophotometry. The lowest values of fluorescence in the plants of shaded environments in the case of *Eugenia pyriformis* Cambess proved that the species is characteristic of environments in full sun. The fluorescence parameters, photochemical quantum yields (YII) and the relative electron transport rate (ETR) confirmed the adaptation of the plant to high solar irradiation. Regarding the pigments, the results showed that the plants of shaded environments have higher concentrations of pigments needed to compensate for the lower irradiation rates.

Keywords: Fluorescence Chl *a*, pigments, shading.

4.1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade da vegetação nas florestas reflete em heterogeneidade de disponibilidade de luz tanto em termos espaciais pelas distintas camadas de vegetação, tanto quanto temporais devido à sazonalidade (GONÇALVES et al., 2007). A densidade de fluxo de fótons no ambiente varia temporal e sazonalmente, mas também ao longo do tempo.

A disponibilidade de luz reflete diretamente no fluxo de energia para os sistemas biológicos (GONÇALVES, MARENCO e VIEIRA , 2001) e caracteriza-se como a principal fonte de energia para organismos fotoautotróficos influenciando sua sobrevivência, crescimento e distribuição (WHITMORE, 1996). Nesse sentido, as plantas desenvolvem mecanismos de adaptação para as variações no regime de luz (ZHANG, MA e CHEN, 2003; KRÜGER, TSIMILLI-MICHAEL, STRASSER, 1997).

A capacidade das plantas em aperfeiçoar o uso da energia radiante pode ser avaliada por meio da fluorescência da clorofila *a*. A técnica é simples, não destrutiva e permite estimar a eficiência de funcionamento do fotossistema II (PSII) (GONÇALVES et al., 2007, GONÇALVES, MARENCO e VIEIRA , 2001). De forma rápida, fornece informações sobre a conversão, transferência e dissipação de energia luminosa (BILGER, SCHREIBER e BOCK, 1995).

As adaptações aos diferenciados regimes de luz a que as plantas estão expostas ocorrem do nível molecular ao nível morfológico e podem ser temporárias ou permanentes (SCHULZE, BECK e MÜLLER-HOHENSTEIN, 2002). Além da fluorescência da clorofila *a*, os teores de pigmentos clorofilianos e de carotenoides são considerados bons indicadores da adaptabilidade das plantas à intensidade de luz (CHAZDON et al., 1996).

Desta forma, o objetivo deste capítulo foi avaliar a fluorescência da clorofila *a* e o teor de pigmentos clorofilianos e carotenoides em indivíduos adultos e jovens de *Eugenia pyriformis* Cambess encontrados em ambientes com diferentes regimes de luz.

4.2. MATERIAS E MÉTODOS

4.2.1. Área de Estudo

As análises ocorreram em indivíduos de *E. pyriformis* Cambess em 25/01/2016 (verão), 24/05/2016 (outono) e 10/08/2016 (inverno). Os indivíduos jovens e adultos avaliados neste trabalho estão presentes no Jardim Botânico de Faxinal do Céu (JBFC), no município de Faxinal do Céu-PR, pertencente à Companhia Paranaense de Eletricidade (Copel). O JBFC apresenta floresta classificada como Ombrófila Mista e a localização do local é 25° 55' 5''Sul e 51° 35' 50''Oeste. Os indivíduos jovens em casa de vegetação e sob sombrite se encontravam presentes no município de Guarapuava-PR, no Centro de Desenvolvimento Educacional e Tecnológico de Guarapuava (campus Cedeteg) da Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro). De acordo com a classificação do clima de Koppen, a região dos municípios de Faxinal do Céu e Guarapuava apresenta o clima do tipo Cfb, clima temperado propriamente dito.

4.2.2. População de *Eugenia pyriformis* Cambess

Foram avaliadas plantas de *E. pyriformis* Cambess em duas condições de sombreamento inseridas no JBFC. Sendo, plantas adultas em ambiente a pleno sol (APS) e plantas adultas em ambiente sombreado (AS), diferenciando assim os níveis de luminosidades dos dois locais. As plantas jovens de *E. pyriformis* Cambess encontravam-se em três ambientes diferentes. Sendo, plantas jovens à sombra no sub-bosque do JBFC (JM), e no Centro de Desenvolvimento Educacional e Tecnológico de Guarapuava (campus Cedeteg) encontravam-se as plantas jovens na estufa (JE) e plantas jovens sob sombrite (JS). As plantas adultas avaliadas têm idade de 30 a 50 anos, enquanto as plantas jovens apresentavam de 2 a 4 anos. Foram coletados galhos com tesoura de poda alta das árvores adultas de *E. pyriformis* Cambess para viabilizar a análise dos parâmetros fisiológicos dessa espécie. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.2.3. Análise da Radiação Fotossintética Ativa (PAR) e Índice de área Foliar (IAF)

A avaliação da radiação fotossintética ativa (*Photosynthetic Active Radiation* - PAR) e do índice de área foliar (*Leaf Area Index*) foi realizada no local dos tratamentos para determinação da radiação luminosa incidente. As análises foram realizadas no período da manhã abaixo do dossel das plantas adultas com três repetições utilizando o equipamento *Plant Canopy Imager*, da marca CID-BioSciences, modelo CI-110.

A Tabela 1 apresenta os dados de radiação fotossintética ativa (PAR), que representa o fluxo de fótons incidente sobre as folhas e também o índice de área foliar (IAF) que foram medidos com o intuito de confirmar as características ambientais em que as plantas de *E. pyriformis* Cambess estavam submetidas.

Tabela 1. Médias dos parâmetros de radiação fotossintética ativa (PAR) e índice de área foliar (LAI) em plantas de *Eugenia pyriformis* Cambess localizadas em dois ambientes, APS (adultas a pleno sol) e AS (adultas à sombra) no Jardim Botânico de Faxinal do Céu (JBFC).

Tratamento	PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	IAF($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$)
APS	712,95	0,75
AS	66,75	0,27

4.2.4. Fluorescência da Chl *a*

As avaliações ocorreram em três estações climáticas de 2016 nas seguintes datas: 25 de janeiro (verão), 24 de maio (outono) e 10 de agosto (inverno) no período das 07h às 11h. Foram utilizadas folhas completamente expandidas com boa aparência, sendo evitadas as folhas com algum tipo de dano para que não ocorresse interferência nos resultados finais.

A análise dos parâmetros de fluorescência (F) nos indivíduos da população de *E. pyriformis* Cambess foi realizada por meio dos seguintes parâmetros: curva OJIP ou curva de Kautsky por indução de cinética rápida ou transitória. Os parâmetros rendimento fotoquímico máximo do PSII (YII), taxa relativa de transporte de elétrons (ETR), fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v)

e foi estimada a eficiência quântica máxima do PSII (F_v/F_m), atividade potencial do PSII (F_v/F_o), dissipação fotoquímica (q_p) e dissipação não-fotoquímica (q_N) (KRAUSE E WEIS, 1991), foram obtidos por meio da indução de curva ou cinética lenta. Em ambas as análises as folhas foram adaptadas ao escuro com o clipe por 20 minutos. As leituras da fluorescência da clorofila *a* foram no período da manhã a partir das 7h00 utilizando o equipamento portátil PAM-2500 (*Portable Chlorophyll Fluorometer*). A intensidade do pulso de luz saturante e actínica foi de $2000 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ e a intensidade de luz modulada de $1 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$. As análises foram realizadas em triplicata.

4.2.5. Análise do teor de pigmentos (Chl *a*, *b* e carotenóides totais)

O teor de pigmentos nas folhas de *E. pyriformis* Cambess foi determinado através da coleta de amostras de cada planta analisada, sendo utilizados o protocolo descrito por Porra et al., (1989) e Welburn (1983).

As coletas das amostras aconteceram nos mesmos dias das avaliações da fluorescência da clorofila *a* e foram utilizadas as mesmas folhas para a extração do teor de pigmentos. No local de coleta as amostras foram armazenadas em envelopes de papel alumínio para evitar a degradação dos pigmentos em contato com a luz.

A extração dos pigmentos ocorreu no Laboratório de Ecotoxicologia, do Departamento de Ciências Biológicas do campus Cedeteg – Unicentro em uma sala escura para que não houvesse degradação dos pigmentos fotossintéticos durante o processo. Cada amostra foliar continha 0,02g de massa fresca. Com o auxílio de graal e pistilo, as amostras foram maceradas com carbonato de cálcio e 8mL de acetona 80%. Após a extração, o material foi centrifugado por 20 minutos a 4000 rpm. O sobrenadante foi analisado nas absorvâncias de 470 nm, 663,6 nm e 646,6 nm com o espectrofotômetro UV-VIS (UV-1800, Shimadzu), pertencente ao Laboratório Fruticultura e Pós-Colheita, do departamento de Agronomia, da Unicentro.

As equações (1 a 4) a seguir foram propostas por Lichtenthaler e Wellburn (1983), com modificações realizadas por Porra et al. (2002) e foram utilizadas para estimar os teores dos pigmentos clorofilianos, onde A = absorvância no comprimento de onda indicado:

$$\text{Clorofila } a \text{ } (\mu\text{g/ml}) = 12,21A_{663,6} - 2,81A_{646,6} \quad (1)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ } (\mu\text{g/ml}) = 20,13A_{646,6} - 5,03A_{663,6} \quad (2)$$

$$\text{Chls a + b } (\mu\text{g/ml}) = 17,76 A_{646,6} + 7,34 A_{663,6} \quad (3)$$

$$\text{Carotenóides } (\mu\text{g/ml}) = \frac{1000A_{470} - 3.27[\text{Chl a}] - 104[\text{Chl b}]}{229} \quad (4)$$

4.2.6. Análise estatística

Os dados também foram submetidos à análise de homogeneidade de variância e a normalidade de resíduos. Os conjuntos de dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey. A análise estatística multivariada foi aplicada quando necessária. As análises foram realizadas no software livre R, Ambiente R. Os dados foram submetidos a análise de distribuições gamma e normal, onde a análise longitudinal dos dados de fluorescência foi rodada com as médias tempo de 260 segundos. Os gráficos e tabelas foram confeccionados no software origin85.

4.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Fluorescência da Clorofila *a*

O índice de área foliar (IAF) revelou valores menores para as plantas adultas de *E. pyriformis* Cambess de ambiente sombreamento (AS) comparadas com as plantas adultas à pleno sol (APS), 0,27 e 0,75, respectivamente (tabela 1). O IAF é uma medida que caracteriza a interceptação luminosa e o potencial de desenvolvimento das plantas em diferentes ambientes (HIKOSAKA, 2005).

Souza et al., (2009) encontraram resultados semelhantes em seu estudo com plantas da espécie *Cordia superba* crescidas em dois ambientes com diferentes níveis de sombreamento, observaram IAF de 1,4 para as plantas a pleno sol e 0,9 para as plantas de sombra. Nesse contexto, Gobbi (2007) relata que a redução nos valores de IAF pode estar relacionada a diminuição do número total de folhas das plantas de ambientes sombreados em decorrência do menor número de ramificações.

Os resultados da análise da emissão de fluorescência por cinética rápida (curva OJIP) das plantas adultas de *E. pyriformis* Cambess encontradas em ambientes com diferentes níveis de luminosidade apresentaram uma curva OJIP típica. As respostas foram diferenciadas quando avaliadas em duas estações do ano diferentes (Figura 6 A-B). As árvores sombreadas apresentaram maiores níveis de fluorescência (F) emitida no ambiente sombreado, em ambas as estações, outono (A) e inverno (B) quando comparadas aos exemplares à pleno sol, indicando maior atividade do lado doador do PSII nestas condições.

Na curva OJIP a fase O-J corresponde a redução do acceptor do fotossistema II, ou seja, redução da Q_A , a fase J-I diz respeito a redução do *pool* de plastoquinonas. (TOTH et al., 2007). Nesse sentido, as reduções observadas nas curvas de F em plantas de *E. pyriformis* Cambess à pleno sol, permite supor que a alta irradiância pode ter afetado a cadeia de transporte de elétrons, tanto no lado doador quanto acceptor de elétrons.

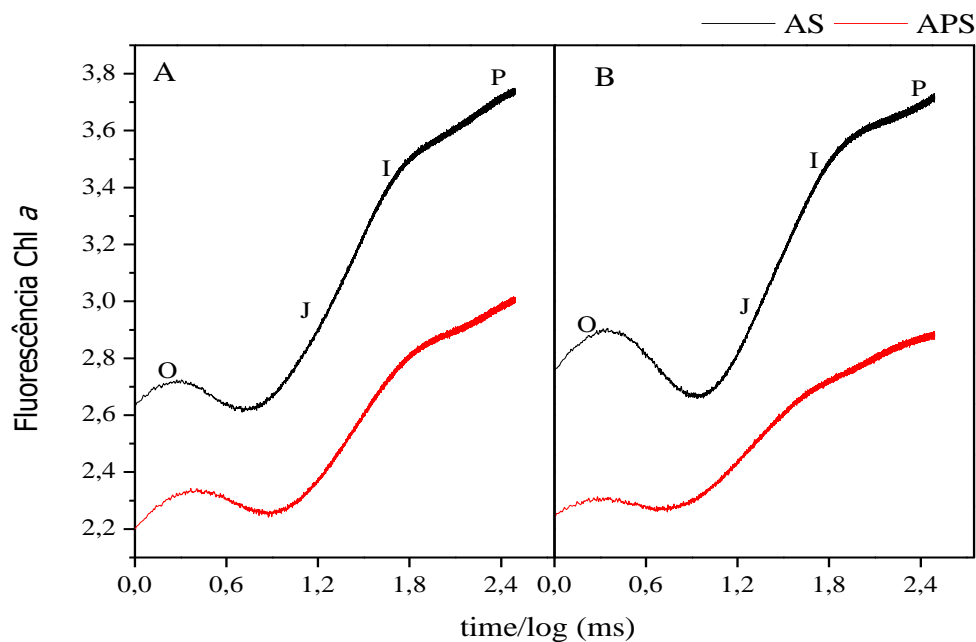


Figura 6. Curva OJIP da fluorescência da clorofila *a* da espécie *Eugenia pyriformis* Cambess em dois ambientes diferentes sendo plantas adultas a sombra (AS) e plantas adultas à pleno sol (APS) durante as estações climáticas da Outono (A) e Inverno (B) de 2016.

Li et al. (2015) avaliaram a emissão de FChl *a* em folhas jovens e maduras de *Alhagi sparsifolia* em ambiente natural a pleno sol e sombreadas pela manhã e ao meio dia. Elevações na F foram observadas em *A. sparsifolia* sombreadas, indicando maior absorção de luz nestas condições, semelhante ao observado neste trabalho.

Gonçalves et al. (2007) avaliaram a curva de emissão de fluorescência polifásica (duplamente normalizada) de plantas de copaíba (*Copaifera multifaga*) e mogno (*Swietenia macrophylla*) em ambiente a pleno sol e sombreado. Da mesma forma, as curvas também demonstram elevações na emissão de F no ambiente sombreado quando comparada às plantas à pleno sol para ambas as espécies avaliadas.

A uvaia é uma planta que se adapta a diversos ambientes apresentando um elevado índice de regeneração, entretanto é uma espécie característica de ambientes a pleno sol (SCALON; DELL'OLIO; FORNASIERI, 2004). Assim, os resultados da curva OJIP que apresentaram reduções nos níveis de fluorescência nas plantas à pleno sol eram esperados, podendo a planta estar adaptada a esta condição do ambiente.

Porém, não é possível afirmar que tenha ocorrido danos no aparato fotossintético das plantas em ambientes sombreados devido ao aumento da F. Isso por que não existem outros estudos com *E. pyriformis* Cambess em condições semelhantes para comparação dos resultados. O que pode ser afirmado é que, de fato houve um aumento

de F nas plantas estabelecidas à sombra quando comparadas às plantas à pleno sol e isto ocorreu em ambas as medições, tanto no outono como no inverno.

Entretanto, o fato de diminuir a emissão de F nas plantas a pleno sol possivelmente deve-se à adaptação desta espécie ao ambiente com alta incidência luminosa confirmada pelos resultados observados em ambas as estações. Sendo assim pode-se dizer que este trabalho é pioneiro ao fornecer dados da análise de fluorescência da clorofila *a* na espécie *E. pyriformis* Cambess.

Thach et al., (2007) realizou estudos com quatro espécies diferentes, *Graptophyllum reticulatum*, *G. ilicifolium*, *G. excelsum* e *G. spinigerum* em que foram avaliados vários parâmetros da fluorescência da Chl *a* e concluiu que os resultados tendem a variar, pois dependem da espécie em questão. Verificou também que, as plantas desenvolvem diferentes mecanismos para responder às variações do ambiente em que estão inseridas. E ainda, as plantas apresentam ajustes e aclimações que acontecem nos cloroplastos, com intuito de alterar fatores como a capacidade de captar energia luminosa, o fluxo de elétrons na fotossíntese e também a eficiência da passagem da energia de excitação nos complexos antena (ADAMS; DEMMIG-ADAMS, 2004).

Na figura 7 são apresentados os resultados dos parâmetros da cinética lenta obtidas em *E. pyriformis* Cambess à pleno sol e sombreadas, no verão e no inverno. Ressalta-se que as diferenças entre os parâmetros avaliados foram significativas e mais marcantes no inverno quando comparadas às diferenças observadas no verão.

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas na F_0 em ambas as condições avaliadas, porém foram significativas as diferenças entre as estações do ano (Figura 07 A-B). Diferentemente, na cinética rápida houve grandes diferenças na F_0 avaliada sob as mesmas condições de luminosidade, porém no outono e inverno (Figura 06 A-B).

Gonçalves et al. (2007) ressalta que quando não há diferenças observadas em F_0 em copaíba (*Copaifera multifaga*) e mogno (*Swietenia macrophylla*) sombreadas e à pleno sol, sugerem a possibilidade de mecanismos regulatórios ou protetivos à alta irradiância, em concordância com Björkman e Demmig-Adams (1987).

Por outro lado, Gonçalves, Marengo e Vieira (2001) trabalharam com plântulas de mogno (*Swietenia macrophylla*) e cumaru (*Dipteryx odorata*) também avaliadas a pleno sol e sombreadas, as quais apresentaram respostas diferenciadas na F_0 . Foram relatados valores reduzidos de F_0 para plântulas de mogno sombreadas e não houve diferenças significativas entre os tratamentos para plântulas de cumaru.

Declínios significativos foram observados na fluorescência variável e máxima (F_v e F_m , respectivamente) nas plantas de *E. pyriformis* Cambess em ambas as estações testadas (Figura 07A-B). Resultados semelhantes também foram observados por Gonçalves et al. (2007) com *C. multifaga* e *S. microphylla*.

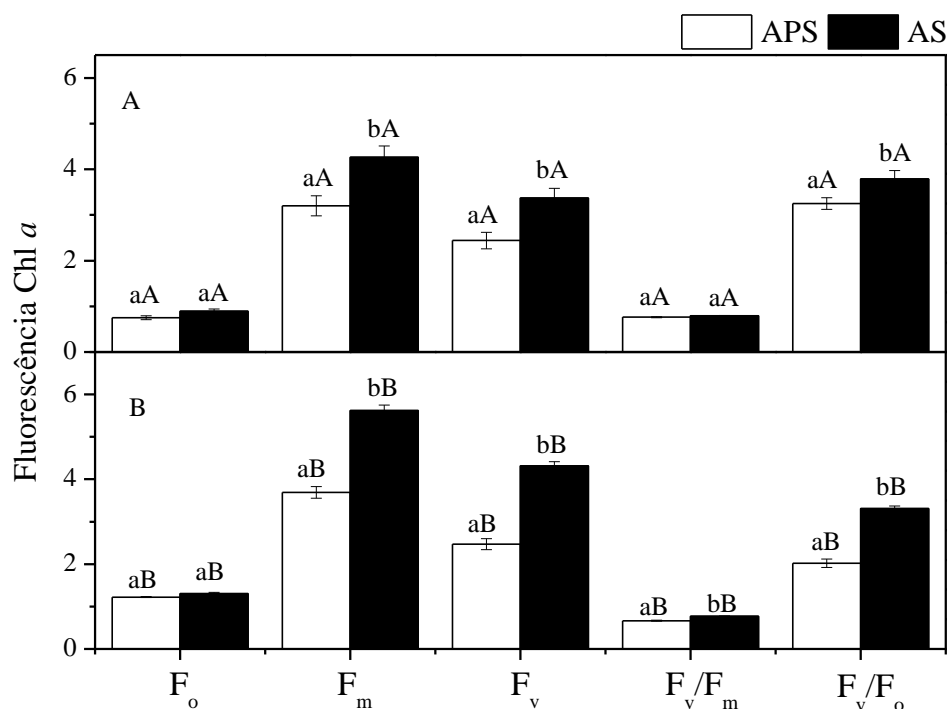


Figura 7. Dados da cinética lenta dos parâmetros F_o , F_m , F_v , F_v/F_m e F_v/F_o comparando as plantas adultas de *Eugenia pyriformis* Cambess analisadas em ambiente sombreado (AS) e à pleno sol (APS) em duas estações A (verão) e B (inverno). Letras minúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre os grupos. Letras maiúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre as estações.

A relação F_v/F_m é uma variável que retrata a eficiência quântica máxima fotoquímica do PSII. Este parâmetro, segundo a literatura pode caracterizar plantas em bom estado fisiológico para valores próximos de 0,83 (BJÖRKMAN e DEMMIG-ADAMS, 1987). Neste caso, ambas as condições nas duas estações apresentaram valores próximos a 0,8. Pode-se supor ainda com esses resultados, a capacidade de adaptação fisiológica da uvaia aos mais variados ambientes, sendo recomendada sua utilização na restauração de áreas degradadas.

Foi observada redução significativa na relação F_v/F_m das plantas à pleno sol em relação às plantas sombreadas durante o período do inverno (Figura 07 B). Quando ocorre redução nas taxas de F_v/F_m podem ser resultado da redução da fração dos centros

de reação do PSII, causando declínio nas reações fotoquímicas, com consequente aumento na dissipação não fotoquímica (BAKER e OXBOROUGH, 2004).

A relação F_v/F_o representa a atividade potencial do PSII, cujas reduções nas plantas de *E. pyriformis* Cambess à pleno sol foram significativas quando comparadas às plantas sombreadas. As reduções observadas nas estações também foram significativas e mais marcantes, assim como valores mais reduzidos da atividade potencial do PSII foram observados no inverno se comparados aos valores observados no verão. Desta forma, estes resultados reforçam os já discutidos anteriormente, pelo fato de que essa relação é idêntica à relação F_v/F_m com a vantagem de ser mais sensível (KRAUSE e WEISS, 1991).

Plantas jovens, de 2 a 4 anos, mantidas em três diferentes ambientes: plantas jovens na mata (JM) encontradas no mesmo local das plantas adultas à sombra no sub-bosque do JBFC, mudas mantidas sob sombrite (JS) e mudas mantidas na estufa (JE) no Cedeteg também foram avaliadas pelo método da cinética lenta no inverno e no verão (Figura 08).

As plantas de *E. pyriformis* Cambess na mata (JM) mantiveram um comportamento semelhante ao das plantas adultas à sombra, justificando o fato de que estão submetidas às mesmas condições (Figuras 07 e 08). Este tratamento também se assemelhou às plantas mantidas sob sombrite (JS), pois este pode desempenhar o papel de sombreamento causado pelas árvores no sub-bosque nas JM.

Por outro lado, diferenças significativas foram observadas nas plantas de *E. pyriformis* Cambess (JM e JS) quando comparadas às mudas em estufa (JE) na F_m e F_v . Neste tratamento também foi observado redução significativa na relação F_v/F_m , quando comparado aos demais tratamentos. Esse fato poderia ser explicado pela possibilidade de temperaturas mais elevadas na estufa durante o período do verão, que pode ter acarretado estresse térmico.

Como já mencionado anteriormente, *E. pyriformis* Cambess é uma espécie adaptada à alta incidência luminosa, porém como se observa normalmente temperaturas mais elevadas na estufa, este fator pode conduzir as plantas à condições de estresse térmico, podendo acarretar em prejuízos no aparato fotossintético e efeito de fotoxidação. Além disso, os menores valores (0,631 no inverno e 0,672 no verão) de F_v/F_m foram observados nas plantas JE nas duas estações climáticas avaliadas, sendo diferente estatisticamente das médias em plantas JS e JM.

A exposição a temperaturas mais elevadas representa uma das influências

externas com capacidade de afetar o processo fotossintético (BURKHOV; MOHANTY, 1999) e por consequência os parâmetros da fluorescência da clorofila também são afetados (CHEN et al., 2009). Por outro lado, Ribeiro e colaboradores (2004) reforçam que os danos causados por estresse térmico dependem do tempo de exposição e da intensidade de temperatura, bem como da espécie que está submetida ao estresse.

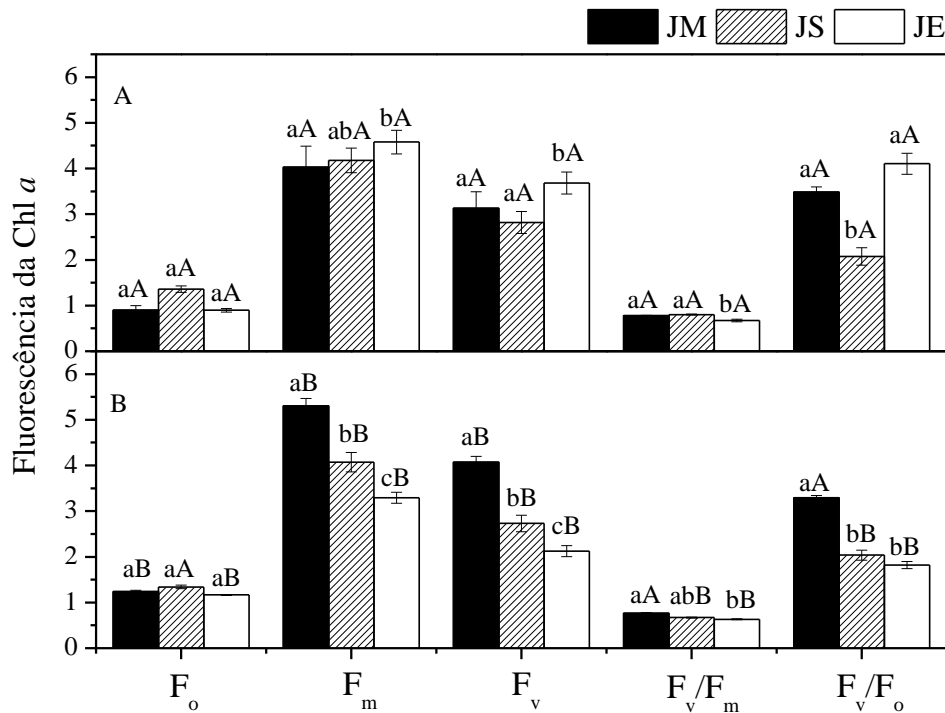


Figura 8. Dados da cinética lenta dos parâmetros F_o , F_m , F_v , F_v/F_m e F_v/F_o comparando as plantas jovens de *Eugenia pyriformis* Cambess analisadas em três ambientes, sendo JM (Mudas da mata), JS (Mudas sombrite) e JE (Mudas estufa) em duas estações A (verão) e B (inverno). Letras minúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre os grupos. Letras maiúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre as estações.

Da mesma forma, ressalta-se que a redução nos valores da relação F_v/F_m podem estar relacionados a algum tipo estresse ao qual a planta está submetida. Além de possíveis elevações de temperatura durante o verão, as plantas encontravam-se em vasos, provavelmente a diminuição dos recursos nutricionais e o estresse térmico podem ter contribuído para a elevação dos níveis de fluorescência, bem como na diminuição da relação F_v/F_m .

Araújo e Demenicis (2009), afirmam que reduções da relação F_v/F_m podem estar relacionados à fotoinibição do PSII o qual pode causar danos reversíveis ou irreversíveis. Reduções na eficiência fotossintética durante fotoinibição pode ser uma

forma temporária de diminuir o processo fotossintético, evitando maiores danos aos PSI e PSII (D'AMBROSIO et al., 2006).

Na relação F_v/F_o , em virtude da elevação em F_o e redução de F_v (Figura 08 A) observadas nas mudas sob sombrite (JS) durante o verão (apesar de não significativas), acabaram por refletir em redução significativa na atividade potencial do PSII neste tratamento.

Respostas diferenciadas foram observadas no inverno (Figura 08 B), em relação às mudas JS e JE, e as plantas jovens na mata. Neste caso, as JM tiveram médias de F_m , F_v , F_v/F_o maiores no inverno quando comparadas as JS e JE, sendo diferentes estatisticamente entre si.

O rendimento quântico fotoquímico efetivo do PSII ou Y(II) representa a quantidade de luz que é absorvida pelas moléculas de clorofila, interligada com o PSII e que são utilizadas fotoquimicamente (MAXWELL; JOHNSON, 2000). Os resultados do Y(II) demonstram que as plantas adultas a pleno sol apresentaram rendimento fotoquímico mais elevado quando comparado às plantas adultas em ambiente sombreado, em ambas as estações, sendo que houve uma redução destes índices no inverno (Figura 09 A-B).

No caso das plantas adultas à sombra, a maior emissão de fluorescência observada na cinética rápida (Figura 06) e as elevações nos parâmetros de fluorescência (Figura 07) justificam seu menor rendimento fotoquímico (Figura 09). Isto ocorre porque, a emissão de energia na forma de fluorescência, representa dissipação de energia não-fotoquímica, ou seja, energia que não será aproveitada pelo processo fotossintético.

Strasser, Tsimilli-Michael e Srivastava (2004) afirmam que na absorção de energia luminosa pela planta, parte da energia de excitação é dissipada como calor e em menor proporção como emissão de fluorescência. Desta, outra parte é então direcionada aos centros de reação e utilizada na fixação de CO_2 , ou seja, dissipação fotoquímica.

O mesmo ocorre para as plantas jovens, as mudas da mata (JM) apresentaram os menores valores de rendimento quântico do PSII, quando comparadas as plantas JE e JS (Figura 09 C-D). Este resultado é inversamente proporcional aos dados dos outros parâmetros da cinética lenta (F_o , F_m , F_v e F_v/F_o), pois as mudas da mata apresentaram os maiores níveis de fluorescência emitida.

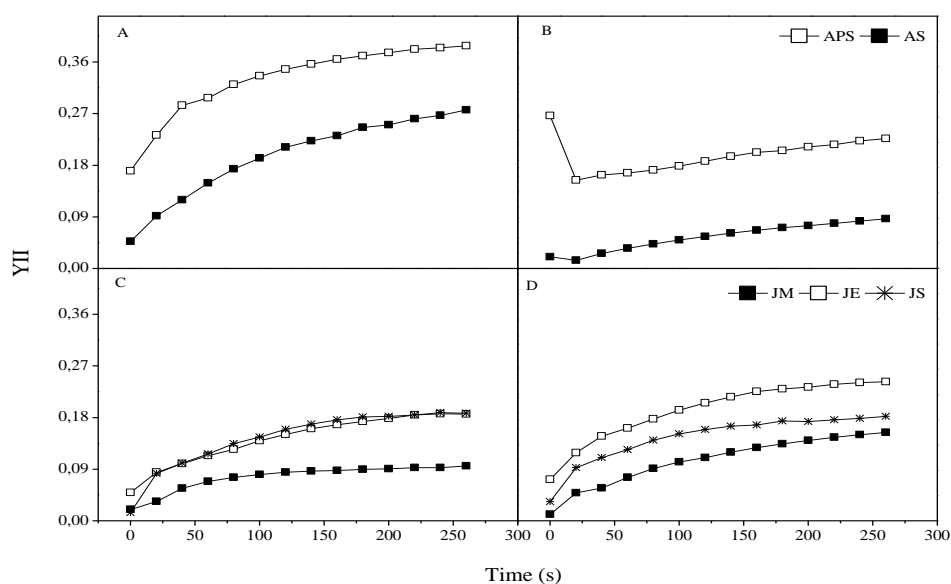


Figura 9. Rendimento quântico fotoquímico (YII) avaliado nas plantas adultas de *Eugenia pyriformis* Cambess (A e B) em ambiente sombreado (AS) e à pleno sol (APS) e nas plantas jovens (C e D) da mata (JM), estufa (JE) e sob sombrite (JS) em duas estações climáticas, sendo verão (A e C) e inverno (B e D).

A redução nos valores de Y(II) observados no inverno pode estar relacionado a reduções de temperatura da estação e afetar o aparato fotossintético. Pois no ambiente em que as plantas se encontram (JBFC), as temperaturas chegam a valores negativos influenciando assim na taxa de difusão do substrato disponível para o processo fotossintético. Veste et al., (2000) cita que as baixas temperaturas presentes no inverno podem ter efeito tanto na fase fotoquímica, como na emissão de fluorescência da clorofila *a*.

Maxwell e Johnson (2000) afirmam que valores mais elevados para o rendimento quântico estão relacionados com a melhora da eficiência fotoquímica da espécie. Portanto, tanto as plantas adultas APS quanto as mudas JE e JS apresentaram um desempenho fotoquímico melhor, nas duas estações avaliadas (Figura 09).

A análise estatística longitudinal realizada no tempo de 260 segundos revelou diferenças significativas entre os dois grupos de plantas adultas (à pleno sol e sombreada) nos níveis de rendimento quântico do PSII (Figura 10A). Em relação às plantas jovens, as JE diferiram estatisticamente em ambas as estações das JM e apenas no inverno diferenciaram das JS. Quanto às estações do ano, apenas as JE tiveram diferenças entre as duas estações avaliadas (Figura 10B).

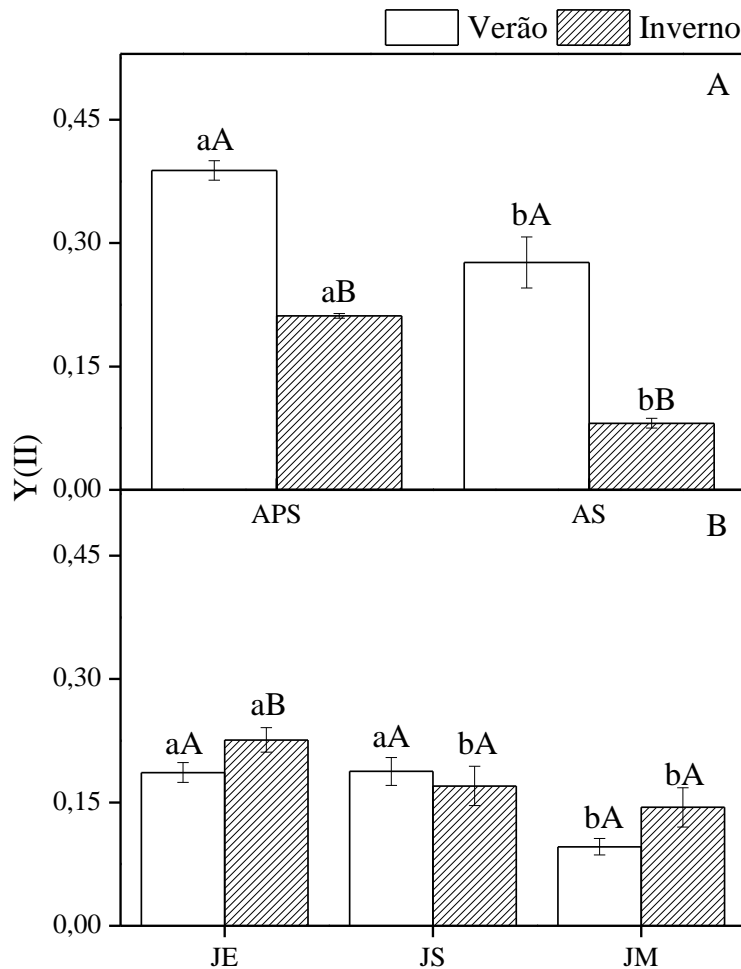


Figura 10. Análise estatística longitudinal no tempo de 260 segundos do YII com intervalo de confiança de 95% comparando os dois tratamentos de *Eugenia pyriformis* Cambess: plantas adultas à plenos sol (APS) e na sombra (AS) em A e em B os três tratamentos de plantas jovens na estufa (JE), sombrite (JS) e na mata (JM). Letras minúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre os grupos. Letras maiúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre as estações.

A figura 11 apresenta os resultados da estimativa da taxa relativa de transporte de elétrons (ETR) para as plantas adultas na sombra (AS) e a pleno sol (APS) (Figura 11 A-B) e as plantas jovens da mata (JM), sob sombrite (JS) e na estufa (JE). O ETR seguiu o mesmo padrão do YII, onde as plantas adultas a pleno sol apresentaram os maiores valores em relação as plantas de local sombreado, assim como os valores foram inferiores no inverno nas plantas adultas.

Assim como as plantas adultas, as plantas jovens seguiram o mesmo comportamento para ETR como foi observado no YII, sendo que JE e JS apresentaram

os maiores valores tanto no verão como no inverno apresentando diferenças significativas entre as estações.

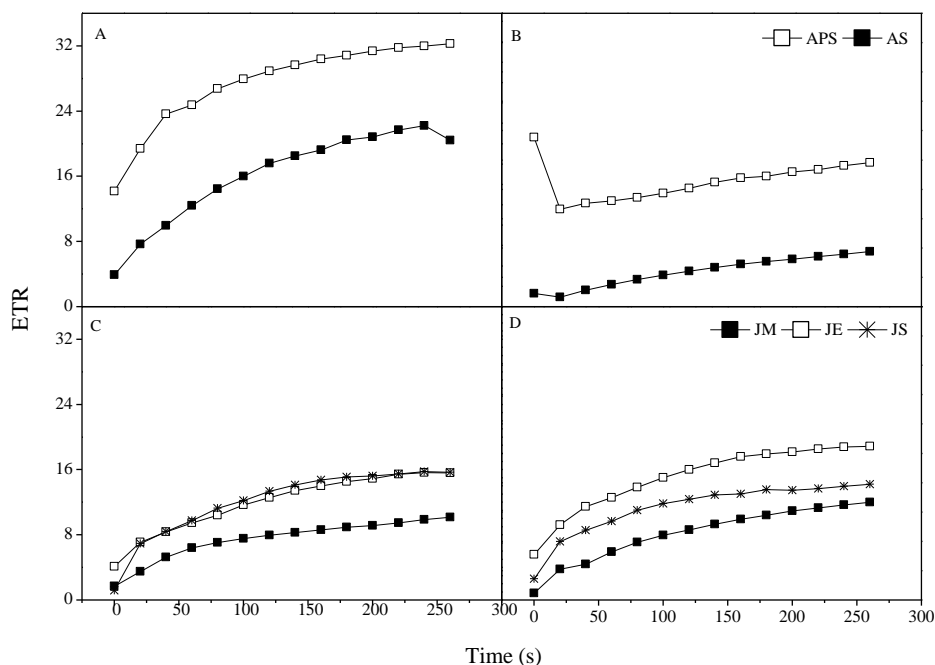


Figura 11. Estimativa da taxa relativa de transporte de elétrons (ETR) avaliada nas plantas adultas de *Eugenia pyriformis* Cambess (A e B) em ambiente sombreado (AS) e à pleno sol (APS) e nas plantas jovens (C e D) da mata (JM), estufa (JE) e sob sombrite (JS) em duas estações climáticas, sendo verão (A e C) e inverno (B e D).

O fluxo de transporte de elétrons por centro de reação em folhas maduras de *A. sparsifolia*, avaliadas sob luz ambiente no deserto também apresentaram valores mais elevados quando comparado a folhas maduras sombreadas (LI et al., 2015).

Maxwell e Johnson (2000) mencionam que em condições normais os valores de ETR são altos, demonstrando maior número de centros de reação abertos conduzindo a maior eficiência fotoquímica da espécie. Portanto, as plantas de uvaia a pleno sol e as mudas da estufa e sombrite apresentaram níveis maiores de ETR, caracterizando assim um transporte eficiente de elétrons.

O declínio mais acentuado observado nas plantas adultas de *E. pyriformis* Cambess no inverno pode indicar condições de estresse fisiológico, possivelmente devido às baixas temperaturas da estação, semelhante ao observado no Y(II).

As folhas de sol tendem a apresentar capacidade fotossintética maior numa mesma área foliar, quando comparada às folhas de locais sombreados, que apresentam

baixa taxa de assimilação líquida de CO₂ levando a saturação em baixa irradiação (TATENO e TANEDA, 2007). Isso poderia justificar os maiores valores de ETR nas plantas adultas à pleno sol e colaborando com o fato da uvaia ser uma espécie adaptada à maior luminosidade.

De acordo com Kuvykin et al., (2011) as plantas que apresentam aclimação a luz ambiente geram uma ativação dos processos de transporte de elétrons no receptor do PSI, auxiliando na reoxidação da plastoquinona pela ação da luz actínica.

O ETR é um parâmetro associado à proteção do fotossistema II e ao efeito de fotoinibição (GUIDI; DEGL' INNOCENTI, 2011). Corroborando com os resultados observados neste trabalho, Quigg (2012) avaliou a ecofisiologia de quatro espécies arbóreas, *Alnus crispa*, *Rubus spectabilis*, *Vaccinium alaskaense* e *Vaccinium ovalifolium* e observou que espécies adaptadas a sombra apresentam níveis de ETR menor, além disso têm baixa capacidade para respostas fotoprotetoras, tais como dissipação de energia térmica.

A análise estatística longitudinal da ETR revelou diferenças significativas entre os dois tratamentos em plantas adultas de *E. pyrifomis* Cambess (APS e AS). Porém nas duas estações analisadas, apenas as plantas APS apresentaram diferenças entre as duas estações (Figura 12A). Entre as plantas jovens, JM apresentou diferenças significativas com JS e JE no verão, diferindo ainda de JE no inverno. Quanto ao período, apenas JE obteve diferenças entre as duas estações climáticas (Figura 12B).

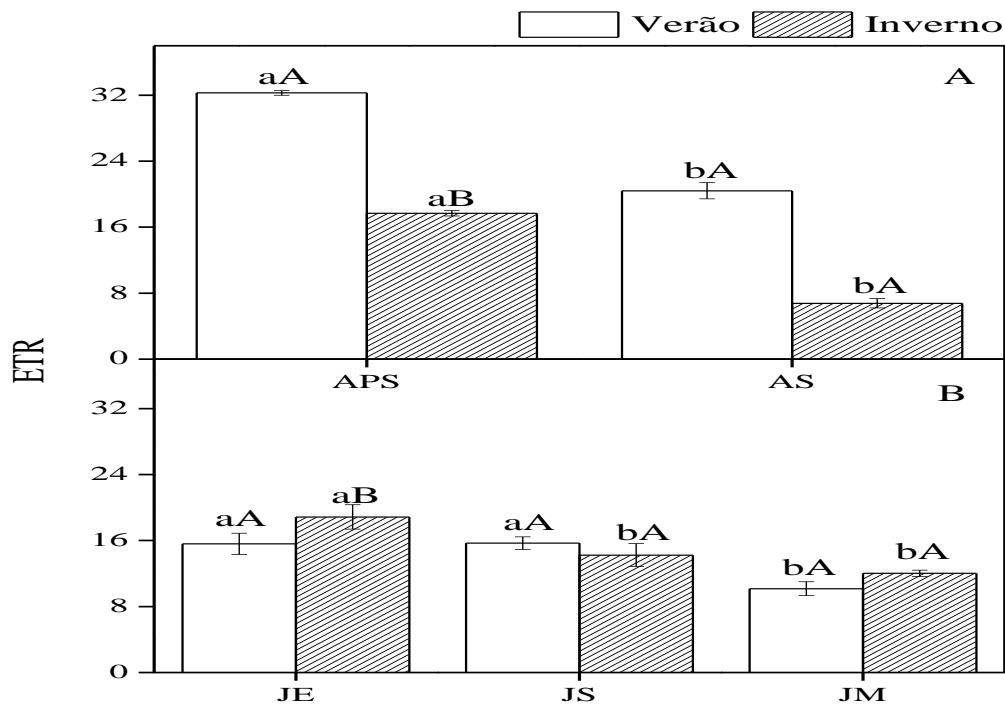


Figura 12. Análise estatística longitudinal no tempo de 260 segundos do ETR com intervalo de confiança de 95% comparando os dois tratamentos de *Eugenia pyriformis* Cambess: plantas adultas à plenos sol (APS) e na sombra (AS) em A e em B os três tratamentos de plantas jovens na estufa (JE), sombrite (JS) e na mata (JM). Letras minúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre os grupos. Letras maiúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre as estações.

Os valores observados para a dissipação fotoquímica (q_p – *dissipação fotoquímica*) foram maiores nas plantas a pleno sol do que nas plantas da sombra (Figura 13 AB). Em relação aos três tratamentos das plantas jovens, as médias foram maiores para as JS e JE e menores para as JM, seguindo assim o mesmo padrão que o $Y(II)$ e o ETR (Figura 13 CD).

O q_p representa a utilização da energia luminosa para os processos fotoquímicos da fotossíntese, sendo assim é essencial para a manutenção do processo fotossintético e ainda indica a proporção de centro de reação que encontram-se abertos no PSII (MAXWELL; JOHNSON, 2000).

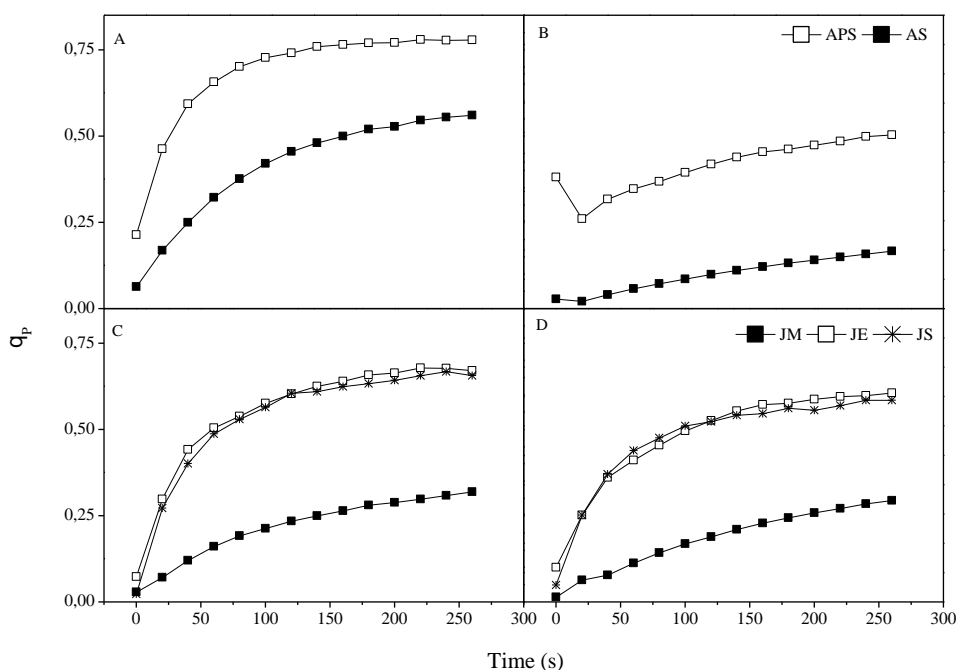


Figura 13. Estimativa da dissipação fotoquímica (q_p) avaliada nas plantas adultas de *Eugenia pyriformis* Cambess (A e B) em ambiente sombreado (AS) e à pleno sol (APS) e nas plantas jovens (C e D) da mata (JM), estufa (JE) e sob sombrite (JS) em duas estações climáticas, sendo verão (A e C) e inverno (B e D).

Esta forma de dissipação da energia é a base do processo fotossintético, pois todas as moléculas formadas são dependentes de luz e serão utilizadas na fase carboxilativa da fotossíntese (etapa bioquímica) (GUIDI; DEGL' INNOCENTI, 2011). Os maiores valores para o q_p encontrados nas plantas adultas a pleno sol reforçam o fato da espécie estar adaptada a este ambiente, justificando ainda os resultados encontrados para o rendimento quântico fotossintético e a taxa relativa de transporte de elétrons.

Valores altos para q_p indicam eficiência no transporte de elétrons para o centro de reação (MAO, 2007). Deng et al. (2012) avaliaram duas variedades de jasmim encontradas em locais com diferentes níveis de sombreamento, os valores de q_p foram diferentes e indicaram que houve diferenças significativas no fluxo de elétrons pelo PSII quando as plantas são cultivadas em ambientes de sombreamento variados.

Dai et al. (2009) avaliaram os diferentes níveis de sombreamento na capacidade fotossintética e na fluorescência da clorofila *a* em plantas de *Tetrastigma hemsleyanum* e observaram diminuição dos valores de q_p em plantas cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento, verificando assim variação na atividade de transporte de elétrons no PSII de acordo com o grau de sombreamento que a planta está submetida.

A análise longitudinal da dissipação fotoquímica (Figura 14) revelou diferenças significativas entre as plantas APS e AS nas duas estações e assim como ETR apenas as plantas de pleno sol apresentaram diferenças entre as estações. Em relação as plantas jovens, as JM diferiram estatisticamente de JE e JS em ambas as estações climáticas. Conforme a estação climática, apenas as JM não diferiram quanto as duas estações avaliadas.

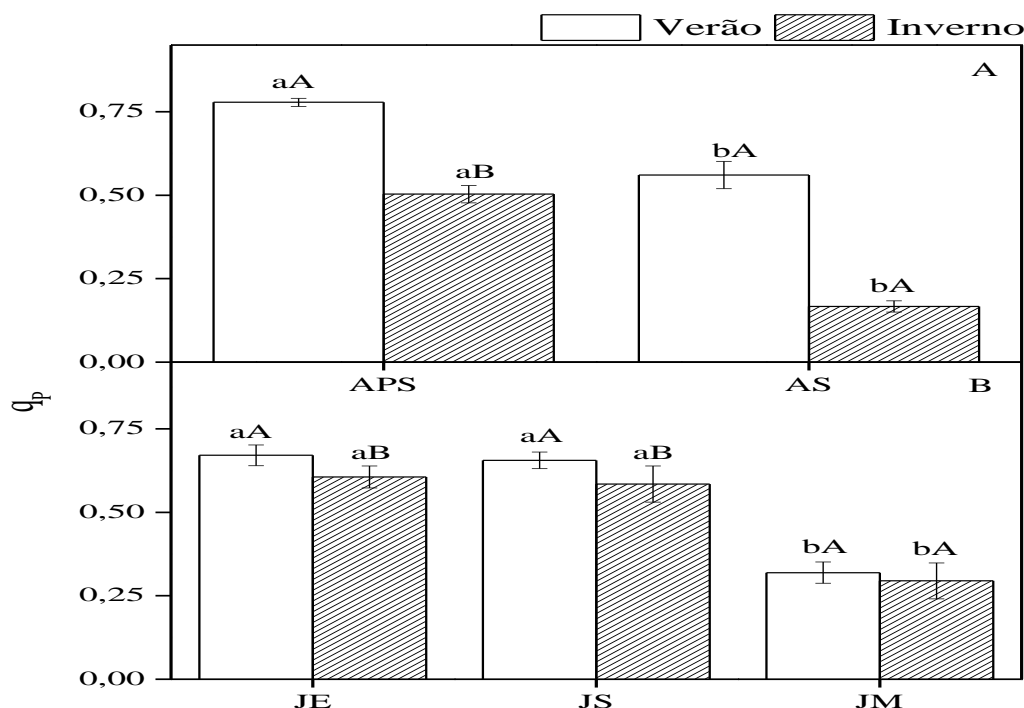


Figura 14. Análise estatística longitudinal no tempo de 260 segundos do q_p com intervalo de confiança de 95% comparando os dois tratamentos de *Eugenia pyriformis* Cambess: plantas adultas à plenos sol (APS) e na sombra (AS) em A e em B os três tratamentos de plantas jovens na estufa (JE), sombrite (JS) e na mata (JM). Letras minúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre os grupos. Letras maiúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre as estações.

A resposta das plantas para a dissipação não fotoquímica (q_N – dissipação não fotoquímica) está disposta na Figura 15. Os valores para as curvas das adultas a pleno sol e na sombra não apresentaram muita variação entre os dois tratamentos (Figura 15 A-B), bem como os três tratamentos avaliados das plantas jovens (Figura 15C-D).

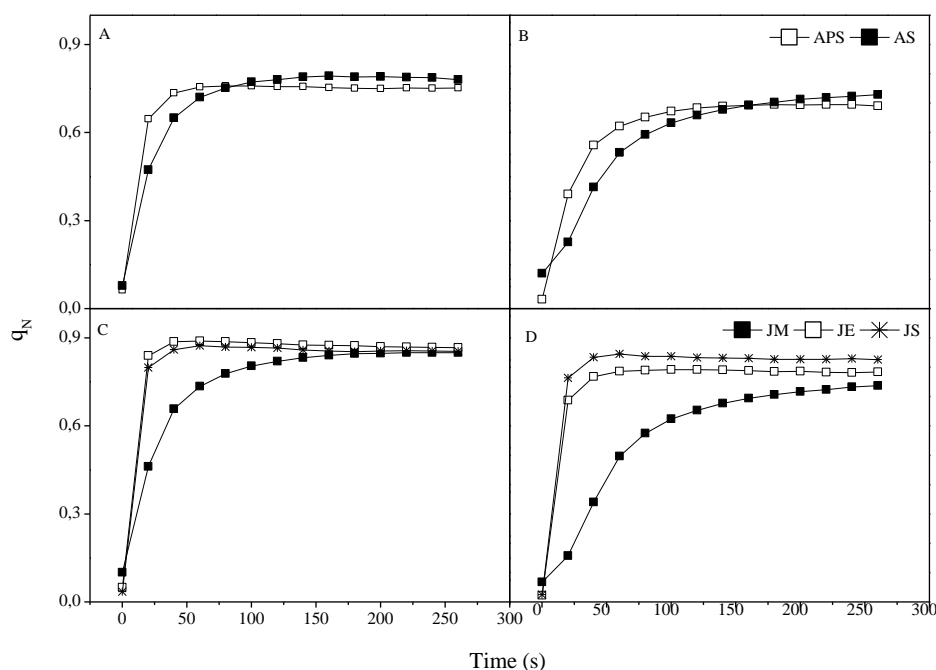


Figura 15. Estimativa da dissipação não fotoquímica (q_N) avaliado nas plantas adultas de *Eugenia pyriformis* Cambess (A e B) em ambiente sombreado (AS) e à pleno sol (APS) e nas plantas jovens (C e D) da mata (JM), estufa (JE) e sob sombrite (JS) em duas estações climáticas, sendo verão (A e C) e inverno (B e D).

O q_N representa o estrato fisiológico entre os estados adaptados ao escuro e à luz, ou seja, a dissipação de energia não fotoquímica, calor e fluorescência (STRASSER, TSIMILLI-MICHAEL e SRIVASTAVA, 2004). Os valores elevados de q_N comparados com q_P neste trabalho podem indicar uma alta taxa de energia sendo dissipada de forma não fotoquímica na plantas de *E. pyriformis* Cambess.

Deng et al. (2012) em seu trabalho avaliaram duas variedades de jasmim mantidas sob diferentes níveis de sombreamento e concluíram que o aumento nos valores de q_N podem indicar que as plantas não apresentam adaptação ao ambiente em que estão inseridas, e ainda longos períodos em ambientes sombreados tendem a aumentar os valores de q_N .

Nesse contexto, Quigg (2012) observou valores mais altos para q_N nas plantas adaptadas a sombra comparadas com plantas à pleno sol e indica que no caso de reduções em q_N pode estar relacionado a adaptação fenotípica da planta à baixa luz ambiente com uso limitado para a dissipação não fotoquímica. No caso das plantas de *E. pyriformis* Cambess não foi possível verificar diferenças para q_N entre os tratamentos e as estações climáticas analisadas.

A análise estatística longitudinal para a dissipação não fotoquímica não apresentou diferenças entre os tratamentos avaliados APS e AS, revelando diferentes significativas entre as estações climáticas (verão e inverno) (Figura 16A). Nas plantas jovens, assim como as adultas não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, mas apresentaram diferenças de acordo com a estação climática avaliada (Figura 16B).

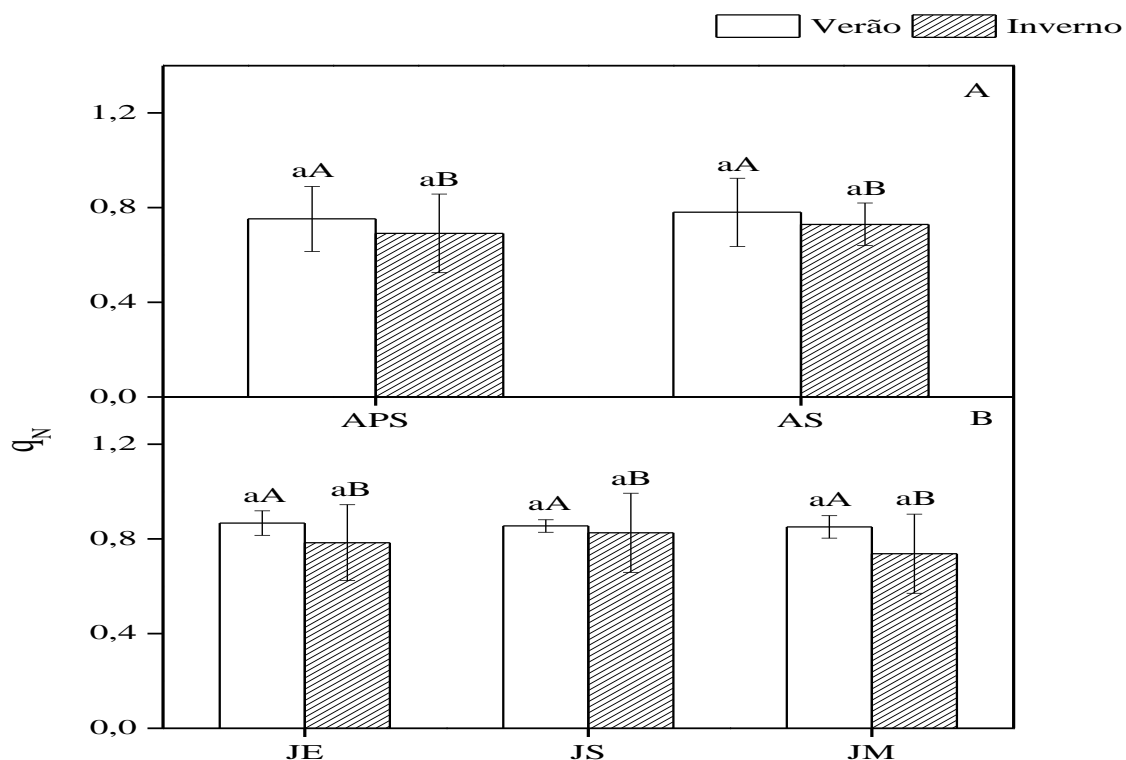


Figura 16. Análise estatística longitudinal no tempo de 260 segundos do q_N com intervalo de confiança de 95% comparando os dois tratamentos de *Eugenia pyriformis* Cambess: plantas adultas à plenos sol (APS) e na sombra (AS) em A e em B os três tratamentos de plantas jovens na estufa (JE), sombrite (JS) e na mata (JM). Letras minúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre os grupos. Letras maiúsculas iguais: médias não diferem estatisticamente entre as estações.

4.3.2. Teor de Pigmentos Clorofilianos

As avaliações dos teores de pigmentos clorofilianos estão apresentados na tabela 2. Quanto as plantas adultas, os exemplares do local sombreado foram os que apresentaram as maiores médias em relação aos teores de Chl a , Chl b , Chl total e carotenoides, com exceção da proporção a/b comparadas as médias de pigmentos encontrados nas plantas de ambiente à pleno sol, apresentando diferenças significativas em Chl a e total.

Tabela 2. Teores de pigmentos clorofílicos da espécie *Eugenia pyriformis* Cambess em plantas adultas de ambiente sombreado e á pleno sol e em plantas jovens de ambiente sombreado, sombrite e estufa durante a estação climática do inverno. Tratamentos: AS (adulta sombreado), APS (adulta pleno sol), JE (jovem estufa), JS (jovem sombrite) e JM (jovem mata).

Grupos	Pigmentos ($\mu\text{g mL}^{-1}$)				
	Chl a	Chl b	Chl $a + b$	Chl a/b	Carot
AS	7,78 (0,24)a	3,35 (0,15)a	11,13 (0,37)a	2,34 (0,08)a	4,42 (0,15)a
APS	6,12 (0,28)b	2,29 (0,09)ac	8,41 (0,37)b	2,68 (0,02)a	3,51(0,15)a
JE	2,69 (0,08)c	1,19 (0,03)b	3,88 (0,04)c	2,26 (0,12)b	1,67 (0,06)b
JS	3,54 (0,28)d	1,59 (0,17)c	5,13 (0,43)d	2,22 (0,06)bc	2,49 (0,29)c
JM	0,66 (0,02)e	0,48 (0,01)d	1,14 (0,01)e	1,36 (0,11)c	0,45 (0,03)d

Médias seguidas pela mesma letra entre os grupos não difereriram estatisticamente. Para carotenóides foi utilizado distribuição gamma, para o restante dos parâmetros a distribuição normal. Erro padrão representado entre parentêses.

Estudos realizados por Mlinarić et al. (2016) com folhas maduras de *Ficus carica*, também revelaram teores de clorofila total e carotenoides mais elevados em folhas maduras à sombra ($150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) quando comparado às folhas maduras a irradiância cerca de 10 vezes maior ($1\ 300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Os teores de pigmentos foliares são controlados pela luz, no caso de elevadas intensidades luminosas, as moléculas de clorofilas podem sofrer processos fotoxidativos, já o equilíbrio é mantido com níveis de radiação mais baixo (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979). Neste contexto, folhas adaptadas a sombra possuem, geralmente, níveis maiores de clorofilas em relação às folhas sob pleno sol (CASTRO, 2002; ALVARENGA et al., 2003).

As plantas jovens apresentaram médias de pigmentos inferiores as plantas adultas, diferindo estatisticamente em todos os parâmetros das plantas adultas. Esta constatação provavelmente é explicada devido ao fato de que as folhas de *E. pyriformis* Cambess não estavam completamente desenvolvidas fisiologicamente, apresentando restrições quanto a síntese de pigmentos.

Lepedus et al. (2011) avaliaram adaptações funcionais e estruturais durante a maturação de folhas de *Acer platanoides*. Os estudos com esta espécie revelaram teores mais baixos de pigmentos fotossintéticos, assim como menor rendimento quântico do PSII (F_v/F_M) nas folhas jovens, e afirmam que ocorre aumento da capacidade fotossintética à medida que as folhas de *A. platanoides* se desenvolvem, e que isto ocorre em consonância com seu desenvolvimento morfo-fisiológico.

Os estudos realizados por Mlinarić et al. (2016), também envolveram análises do teor de pigmentos em folhas jovens e maduras de *F. carica* sob dois níveis de irradiação (conforme relatado anteriormente). Seus resultados revelaram que os teores de pigmentos em folhas jovens são menores nas folhas jovens quando comparados às folhas maduras.

As plantas JM foram as que apresentaram os menores teores de pigmentos quando comparados todos os tratamentos, e neste grupo se encontravam as plantas com o maior nível de sombreamento. De forma semelhante, Mlinarić et al. (2016) também observou que nas folhas jovens de *F. carica* submetidas ao menor nível de irradiância, os menores teores de pigmentos totais e carotenoides quando comparada às folhas jovens sob alta irradiância.

Já as plantas do JS que foram mantidas no sombrite que é um ambiente sombreado apresentaram as maiores médias para Chl *a*, Chl *b*, total e carotenoides, sendo menor na relação *a/b*, diferindo estatisticamente de todos os outros grupos em Chl *a*, total e carotenoides. Acompanhando assim, o que já foi exposto anteriormente no texto, que as plantas de ambientes sombreados tendem a sintetizar maiores teores de pigmentos clorofilianos, compensando assim a menor radiação luminosa.

A relação *a/b* não apresentou diferenças estatísticas entre os dois grupos de plantas adultas avaliadas (AS e APS), porém diferiram dos três grupos de plantas jovens (JE, JS e JM). Entre os tratamentos as mudas de *E. pyriformis* Cambess na mata (JM) apresentaram a menor relação, sendo diferente estatisticamente das mudas mantidas na estufa (JE).

Segundo Engel e Poggiani (1991) as clorofilas são os principais compostos responsáveis pela absorção de luz nos tilacoides, os quais mantem a eficiência fotossintética das plantas, bem como seu crescimento e adaptação aos mais variados ambientes, sendo assim indispensáveis para a manutenção do dossel.

As respostas das plantas de uvaia quanto à clorofila *a*, *b* e total mostraram que os teores de clorofila foram superiores nas plantas de ambiente sombreado. Muitos trabalhos corroboram com estes resultados. Martinazzo et al., (2001) realizaram um estudo com plantas da espécie *Eugenia uniflora*, que pertence ao mesmo gênero da uvaia e obteve os mesmos resultados apresentados neste trabalho, observando também uma queda nos teores de clorofila em plantas de ambientes a pleno sol.

E ainda Souza et al., (2011) mantiveram plantas jovens de *Mikania laevigata* cultivadas sob malhas coloridas e observaram menores teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides a pleno sol, enquanto que aquelas cultivadas sob malhas coloridas tiveram maiores concentrações destes pigmentos.

A clorofila apresenta síntese constante e na presença de luz a sua biossíntese pode ser afetada, portanto, quanto maior a intensidade de luz menor será a concentração de pigmentos, corroborando assim com os resultados do presente trabalho. Ou ainda, segundo Mendes (2001) quanto maior os níveis de luminosidade, menor será o teor de clorofila armazenado pela planta.

O aumento da síntese ou do teor de clorofila em folhas de plantas submetidas a ambientes sombreados, pode ser explicado pela menor quantidade de radiação disponível e assim a planta precisa compensar sintetizando quantidades suficientes para a manutenção do processo fotossintético (MARTINAZZO et al., 2001). Da mesma forma, Almeida et al., (2004) afirmam que espécies cultivadas em ambientes com baixa intensidade luminosa, tendem a apresentar maiores teores de clorofila.

A relação *a/b* foi inversamente proporcional aos resultados dos outros parâmetros, ou seja, as plantas a pleno sol tiveram níveis maiores nos teores de pigmentos. De acordo com Engel e Poggiani (1991) e Mlinarić et al. (2016), a proporção *a/b* diminui com a redução da intensidade luminosa, isto devido a maior quantidade de clorofila *b* em ambientes sombreados, em função da degradação deste pigmento ser mais lenta em plantas deste ambiente do que a clorofila *a*. E ainda pode-se levar em consideração a maior eficiência do fotossistema I que apresenta níveis mais elevados de clorofila *b* (NAKAZONO et al., 2001). Lima Júnior et al. (2005) observou

resultados semelhantes quando avaliou aspectos fisiológicos da espécie *Cupania vernalis* submetida a diferentes níveis de sombreamento.

Portanto, o principal ponto que explica a eficiência da planta em aumentar a captura e absorção de luz em ambientes sombreados está relacionado com a proporção clorofila *a/b* (ENGEL; POGGIANI, 1991).

Os carotenoides seguiram o mesmo padrão dos pigmentos clorofilianos, os quais apresentaram teores mais elevados nas plantas adultas de *E. pyriformis* Cambess em ambientes sombreados. Resultados que condizem com a literatura, Ferraz e Silva (2001) relatam que os carotenoides tendem a aumentar seus níveis quando há redução da radiação luminosa. Este tipo de pigmento pode desempenhar funções distintas durante o processo fotossintético, como atuar na forma de pigmento acessório na absorção e captação de luz ou ainda agindo como fotoprotetor do aparato fotoquímico (ENGEL; POGGIANI, 1991), evitando assim danos às plantas.

Segundo Mlinarić et al. (2016) a degradação dos carotenoides pode ocorrer devido à maior susceptibilidade das plantas à alta irradiância e elevada temperatura.

4.4.CONCLUSÕES

Os resultados da curva OJIP, bem como os parâmetros F_o , F_m , F_v indicam que a fluorescência da Chl *a* varia de acordo com as condições em que a planta está submetida e ainda de acordo com a idade da planta.

No caso da *Eugenia pyriformis* Cambess as avaliação comprovaram que a espécie é característica de ambientes à pleno sol, apresentando menores valores de F.

A taxa relativa de transporte de elétrons (ETR) e o rendimento quântico fotoquímico (YII) comprovaram a adaptação da planta a alta irradiação solar.

Folhas adaptadas à sombra apresentam teores de pigmentos mais elevados em relação às de pleno sol.

As plantas de ambientes sombreados apresentam maiores concentrações de pigmentos necessárias para compensar os menores índices de irradiação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS I. W.W., DEMMIG-ADAMS, B., Chlorophyll fluorescence as a tool to monitor plant response to the environment. In: PAPAGEORGIOU, G.C., GOVINDJEE ((Org.), Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis, **Advances in Photosynthesis and Respiration Series**. Springer, Dordrecht, 2004. 820 p.

ALMEIDA, L. P. de.; ALVARENGA, A. A. de.; CASTRO, E. M. de.; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. Submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.83-88, jan-fev.,2004.

ALVARENGA, A.A., et al. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. in southeastern Brazil. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 53-57, 2003.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da Fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

BAKER, N.R.; OXBOROUGH, K. Chlorophyll fluorescence as a probe of photosynthetic productivity. **Advances in Photosynthesis and Respiration**. Chlorophyll a Fluorescence Signature of Photosynthesis, Springer, Netherlands, 19, p. 65-82, 2004.

BJORKMAN, O.; DEMMING-ADAMS, B. Photon yield of O₂ evolution and Chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, 170:489-504, 1987.

CASTRO, E.M. **Alterações anatômicas, fisiológicas e fotoquímicas em plantas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) sob diferentes fotoperíodos e níveis de sombreamento**. 2002. 221f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

CHAZDON, R. L.; PEARCY, R. W.; LEE, D. W.; FETCHER, N. Photosynthetic

responses of tropical forest plants to contrasting light environments. In: MULKEY, S. S.; CHAZDON, R. L.; SMITH, A. P. (Eds.). **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. Chapman and Hall, New York, p. 5-55, 1996.

CHEN, L. S., LI, P., CHENG, L. Comparison of thermal tolerance of sun-exposed peel and shaded peel of “Fuji” apple. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66, n. 1, p. 110-116, 2009.

D’AMBROSIO, N., ARENA, C., DE SANTO, A.V. Temperature response of photosynthesis, excitation energy dissipation and alternative electron sinks to carbon assimilation in *Beta vulgaris* L. **Environmental and Experimental Botany**, v. 55, n. 3, p. 248-257, 2006.

DAI, Y.; SHEN, Z.; LIU, Y.; Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg., v. 65, p. 177–182, 2009.

DENG, Y.; LI, C.; SHAO, Q.; YE, X.; SHE, J. Plant Physiology and Biochemistry Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: I. Photosynthetic characteristics and chloroplast ultrastructure. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 55, p. 93–102, 2012. Elsevier Masson SAS. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.03.006>>.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Rev. Bras. Fisiol. Vegetal**. 3(1):39- 45, 1991.

FERRAZ, K.K.F.; SILVA, D.M. Avaliação ecofisiológica do crescimento inicial de espécies florestais usadas na recuperação de áreas degradadas - II. *Calliandracalothyrsus* Meisn. p. 6-087. In: VIII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, **Anais Ilhéus: SBFV**, CD-ROM, 2001.

GOBBI, K. F. Características morfoanatômicas, nutricionais e produtividade de forrageiras tropicais submetidas ao sombreamento. Tese (Doutorado). Universidade

Federal de Viçosa, 2007.

GONÇALVES, J. F de C.; MARENCO, R. A.; VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, 13(2):149-157, 2001.

GONÇALVES, J. F de C.; SANTOS JÚNIOR, U. M.; NINA JÚNIOR, A. R.; CHEVREUIL, L. R. Energetic flux and performance index in copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) and mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings grown under two irradiance environments. **Braz. J. Plant Physiol.**, 19(3):171-184, 2007.

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.

HIKOSAKA, L. R. Leaf canopy as a dynamic system: ecophysiology and optimality in leaf turnover. **Annals of Botany**, Oxford. v. 95, n. 3, p. 521-533, 2005.

KRAMER, T. & KOZLOWSKI, T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. 811p.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Rev Plant Physiol Plant Mol Biol**, v. 42, p. 313-349, 1991.

KRUGER, G. H. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; STRASSER, R. J. Light stress provokes plastic and elastic modifications in structure and function of photosystem II in camellia leaves. **Physiologia Plantarum**. v.101, p. 265-277, 1997.

KUVYKIN, I.V., PTUSHENKO, V.V., VERSHUBSKII, A.V., TIKHONOV, A.N., Regulation of electron transport in C3 plant chloroplasts in situ and in silico. Short-term effects of atmospheric CO₂ and O₂. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1807, n. 3, p. 336-347, 2011.

LEPEDUŠ, H., GAĆA, V., VILJEVAC, M., KOVAČ, S., FULGOSI, H., ŠIMIĆ, D.,

JURKOVIĆ, V., CESAR, V. Changes in photosynthetic performance and antioxidative strategies during maturation of Norway maple (*Acer platanoides* L.) leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 4, p. 368–376, 2011.

LI, L.; LIN, L.; LU, Y. Sensitivity of photosystem II activity in immature and mature leaves of desert sun plant *Alhagi sparsifolia* Shap. To light stress. *Acta Physiol plant*, 37:154, 2015.

LICHTENTHALER, H. K.; MEIER, D.; BUSCHMANN, C. Development of chloroplasts at high and low light quanta fluence rates. Israel. **J. Bot.**, v. 33, p. 185–194, 1984.

LIMA JUNIOR, E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M. Physioanatomy traits of leaves in young plants of *Cupania vernalis* camb. subjected to different shading levels. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 33-41, 2006.

MAO, L.Z., LU, H.F., WANG, Q., CAI, M.M. Comparative photosynthesis characteristics of *Calycanthus chinensis* and *Chimonanthus praecox*. **Photosynthetica**, v. 45, n. 4, p. 601–605, 2007.

MARTINAZZO, E. G.; ANESE, S.; WANDSCHEER, A. C. D.; PASTORINI, L. H. Efeito do Sombreamento sobre o Crescimento Inicial e Teor de Clorofila Foliar de *Eugenia uniflora* Linn (Pitanga) – Família Myrtaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 162-164, jul. 2007.

MAXWELL, K.; JOHNSON, N. Chlorophyll Fluorescence – A Practical Guide. **Journal of Experimental Botany**. V. 354, p. 659-668, 2000.

MENDES, M. M.; GAZARINI, L. C.; RODRIGUES M. L. Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting mediterranean light environment - effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. *Environment and Experimental Botany*, Elmsford, v. 45, n. 2, p. 165-178, Apr. 2001.

MLINARIC, S.; DUNIC, J. A.; BABOJELIC, M. S.; CESAR, V.; LEPEDUS, H.

Differential accumulation of photosynthetic proteins regulates diurnal photochemical adjustments of PSII in common fig (*Ficus carica* L.) leaves. Journal of Plant Physiology. V. 209, P.1-10, 2016.

NAKAZONO, E.M.; Dacosta, M.; Futatsugi, K.; Paulilo, M.T.S. Early growth of *Euterpe edulis* Mart., in different light environments. **Revista Brasileira de Botânica**, 24: 173-179, 2005.

PORRA, R. J.; THOMSON, W. A.; KRIEDEMANN, P. E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. **Biochimica et Biophysica Acta**. v. 975, p. 384-394, 1989.

QUIGG, A. Comparing the ecophysiology of four tree species growing in the coastal temperate rainforests of Prince William Sound, Alaska. **Trees**. v.26, p.1123-1136, 2012.

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F. Growth- and leaf-temperature effects on photosynthesis of sweet orange seedlings infected with *Xylella fastidiosa*. **Plant Pathology**, Oxford, v. 53, n. 3, p. 334-340, 2004.

SCALON, S de P. Q.; DELL'OLIO, P.; FORNASIERI, J. L. Temperatura e embalagens na conservação pós-colheita de uvaia *Eugenia uvalha* Cambess.- Mirtaceae. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 34, n. 6, p. 1965-1968, 2004.

SCHULZE, E-D.; BECK, E.; MÜLLER-HOHENSTEIN, K. **Plant Ecology**. Jena, Germany: Springer, 2002.

SOUZA, G. M., et al. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta bot. bras.** v. 23(2), p. 474-485, 2009.

SOUZA, S de G., et al. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker

cultivadas sob malhas coloridas. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1843-1854, 2011.

STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. **Probing photosynthesis**, p. 445–483, 2001.

TATENO, M.; TANEDA, H. Photosynthetically versatile thin shade leaves: a paradox of irradiance-response curves. **Photosynthetica**, v. 45, p. 299–302, 2007.

THACH, L. B.; SHAPCOTT, A.; SCHMIDT, S.; CRITCHLEY, C. The OJIP fast fluorescence rise characterizes Graptophyllum species and their stress responses. **Photosynth Res** (2007) 94:423–436.

TÓTH, S. Z.; SCHANSKER, G.; STRASSER, R. J. A non-invasive assay of the plastoquinone pool redox state based on the OJIP-transient. **Photosynthesis Research**, v. 93, p. 193–203, 2007.

WELLBURN, A. R.; LICHTENTHALER, H. K. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**. v. 11, p. 591 – 592, 1983.

WHITMORE, T. C. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry. In: Swaine, M. D. (Ed.), **The Ecology of Tropical Forest Tree Seedlings**. Parthenon Publishing Group, Paris, pp. 3-39, 1996.

VESTE, M.; BEN-GAL, A.; SHANI, U. Impact of thermal stress and high VPD on gas exchange and chlorophyll fluorescence of *Citrus grandis* under desert conditions. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 531, p. 143-149, 2000.

ZHANG, S.; MA, K.; CHEN, L. Response of photosynthetic plasticity of *Paeonia suffruticosa* to changed light environments. **Environ. Exp. Bot.** v.49, p.121-133, 2003.

5. CAPÍTULO 02 – MORFOMETRIA E RELAÇÕES DENDOMÉTRICAS DE *Eugenia pyriformis* Cambess NO JARDIM BOTÂNICO DE FAXINAL DO CÉU – PINHÃO, PR

RESUMO

O estudo da morfometria das árvores e a relação entre as variáveis morfométricas que possibilita a compreensão das formas de crescimento e sua dinâmica no ambiente natural. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi descrever e avaliar características morfométricas de *Eugenia pyriformis* Cambess encontradas no Jardim Botânico de Faxinal do Céu – Pinhão, PR (JBFC), como subsídio à elaboração do manejo adequado para a espécie. Os 20 indivíduos são jovens e adultos e estão localizados ao longo da área do jardim botânico. As variáveis mensuradas foram o diâmetro a altura do peito (DAP), a altura total (h), a altura de inserção da copa (ic) ou altura comercial do fuste (hf) e os quatro raios de projeção de copa nos sentidos norte, sul, leste e oeste. As alturas totais e comerciais foram medidas com o hipsômetro Blume-Lein. Para as medições do diâmetro e dos raios de copa utilizou-se fita métrica. As variáveis analisadas, mensuradas e estimadas neste trabalho foram: altura total (h), altura comercial do fuste (hf), diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro de copa (dc), comprimento de copa ($cc = h - hf$), proporção de copa ($cc/h * 100$), área de projeção da copa ($apc = dc^2 \cdot \pi / 4$), grau de esbeltez (h/DAP), índice de saliência (dc/DAP), índice de abrangência (dc/h) e formal de copa (dc/cc). A análise de regressão linear foi utilizada para demonstrar as relações morfométricas para *Eugenia pyriformis* Cambess. Foi possível concluir com este estudo, que a espécie apresenta alta plasticidade na forma de copa e alta capacidade produtiva de acordo com a projeção de copa. O grau de esbeltez indica que as árvores podem ser consideradas estáveis e resistentes a fortes ventos. A espécie *Eugenia pyriformis* Cambess apresentou correlação positiva para o DAP com o diâmetro de copa, o índice de abrangência e a proporção de copa e correlação negativa com o grau de esbeltez e o índice de saliência.

Palavras – chave: uvaia, espécies nativas, relações morfométricas, frutífera.

ABSTRACT

The study of the morphometry of the trees and the relation between the morphometric variables makes possible the understanding of the forms of growth and their dynamics in the natural environment, aiming the potential of these species in degraded environments. In this context, the objective of this study was to describe and evaluate morphometric characteristics for *Eugenia pyriformis* Cambess found in the Botanic Garden of Faxinal do Céu, Pinhão, PR (JBFC), as a subsidy to the elaboration of adequate management for the species. The 20 individuals are young and adult plants and are located throughout the botanical garden area. The variables measured were the diameter at breast height (DAP), total height (h), height of crown insertion (ic) or commercial height of the stem (hf) and the four crown projection rays in the north, South, east and west. Total and commercial heights were measured with the hypsometry Blume-Lein. For measuring diameter and crown rays, a metric tape was used. The variables analyzed in the study were: total height (h), commercial height of the stem (hf), diameter at breast height (DAP), crown diameter (dc), crown length (cc = h-hf), proportion of (Cc / h * 100), area of crown projection (apc = $dc^2 \cdot \pi / 4$), degree of slenderness (h / DAP), salience index (dc / DAP) And formal cup (dc / cc) regression analysis was used to demonstrate the morphometric relationships for *Eugenia pyriformis* Cambess. It was possible to conclude with the work that the species presents high plasticity in its crown shape and high productive capacity according to its crown projection. The degree of slenderness indicates that trees can be considered stable and resistant to strong winds. *Eugenia pyriformis* Cambess showed a positive correlation for DAP with crown diameter, coverage index and crown ratio and negative correlation with the degree of slenderness and the salience index.

Key words: uvaia, morphometry, native species, morphometric relations, fruit tree.

5.1.INTRODUÇÃO

A morfometria é o estudo da forma e sua relação com o crescimento e desenvolvimento de plantas (LANZARIN, 2016). O estudo da morfometria de uma árvore e suas variáveis podem ser eficazes em transmitir as relações interdimensionais, reconstituir o espaço utilizado por cada árvore, pressupor o grau de competição de um povoamento e permitir, também, mensurar a respeito da estabilidade, vitalidade e produtividade de cada indivíduo (DURLO e DENARDI, 1998).

Nesse contexto, com o desenvolvimento do manejo de espécies florestais nativas, conhecer a morfometria e a dinâmica de crescimento das formas das árvores torna-se necessário para aperfeiçoar as intervenções silviculturais, principalmente quando se deseja utilizar espécies da flora nativa em programas de reflorestamento com finalidades econômicas (DURLO, 2001; DURLO et al., 2004; ROMAN et al., 2009).

Levando em consideração que a luz do sol é a fonte primária de energia de uma planta que posteriormente será transformada em energia química pela fotossíntese e que a copa é o órgão responsável por esse processo, é possível inferir que variáveis como diâmetro de copa e comprimento de copa apresentam relação direta com o crescimento e produtividade de uma planta (NUTTO et al., 2001; TONINI e ARCO-VERDE, 2005). Essas variáveis podem ser afetadas por fatores, como concorrência entre a população devido à ocorrência de vento e à incidência de luz. Com isso, quanto mais denso o povoamento, menor quantidade de luz atinge as camadas mais baixas do dossel, podendo levar a morte desses galhos (NUTO, 2001).

Eugenia pyriformis Cambess é uma espécie de florestas nativas da região sul do Brasil e de São Paulo (STEFANELLO et al., 2009; CARVALHO, 2010) e, devido às suas características silviculturas, apresenta grande potencial para reflorestamento. Aspectos favoráveis como elevado índice de regeneração, plantio indicado em locais à pleno sol, desenvolvimento e crescimento rápido, alta capacidade em dispersar suas sementes com ciclo de vida curto e alto poder de colonização (SCALON; DELL'OLIO; FORNASIERI, 2004; CARVALHO, 2010), tornam a espécie viável para essa forma de intervenção.

Este trabalho teve como objetivo descrever e avaliar características morfométricas para indivíduos de *Eugenia pyriformis* Cambess encontrados no Jardim Botânico de Faxinal do Céu (JBFC), como subsídio à elaboração do manejo adequado para a espécie.

5.2. MATERIAIS E MÉTODOS

5.2.1. Caracterização e localização da área de estudo

A área de estudo localiza-se no Jardim Botânico de Faxinal do Céu (JBFC), no município de Faxinal do Céu-PR, pertencente à Companhia Paranaense de Eletricidade (Copel). O JBFC situa-se nas coordenadas geográficas de 25° 55' 5'' de Latitude Sul e 51° 35' 50'' de Longitude Oeste.

Segundo a classificação de Koppen, o clima da região de Faxinal do Céu é do tipo de Cfb, clima temperado propriamente dito com chuvas bem distribuídas ao longo do ano. A região está sob domínio da Floresta Ombrófila Mista, ocupada por uma formação composta por diversas espécies nativas, em uma área de aproximadamente 50 ha.

5.2.2. Levantamento dos Dados

Os indivíduos de *Eugenia pyriformis* Cambess estão localizados ao longo da área do Jardim Botânico e apresentavam idades variadas, sendo jovens e adultos. Para o levantamento das variáveis morfométricas neste estudo foi utilizado 20 exemplares adultos que apresentaram diâmetro à altura do peito (DAP) superior a 40 cm, a altura foi medida 1,30 cm do chão (n=20).

A coleta dos dados foi realizada ao longo do dia 22/dezembro/2016. As variáveis mensuradas foram o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura total (h), a altura de inserção da copa (ic) ou altura comercial do fuste (hf) que é a altura até a inserção da copa viva e também os quatro raios de projeção de copa nos sentidos Norte, Sul, Leste e Oeste, para calcular a projeção da copa.

As alturas foram medidas com o hipsómetro Blume-Lein. Para as medições do diâmetro e dos raios de copa utilizou-se fita métrica. No caso dos raios o centro do tronco foi tomado como origem distanciando-se até o limite da copa considerando-se a direção orientada pelos pontos cardeais Norte, Sul, Leste e Oeste.

5.2.3. Análise dos Dados

As variáveis analisadas no trabalho foram: altura total (h), altura comercial do fuste (hf), diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro de copa (dc), comprimento de copa (cc = h-hf), proporção de copa (cc/h*100), área de projeção da copa ($apc = dc^2 \cdot \pi / 4$), grau de esbeltez (h/DAP), índice de saliência (dc/DAP), índice de abrangência (dc/h) e formal de copa (dc/cc). As variáveis podem ser observadas na Figura 17:

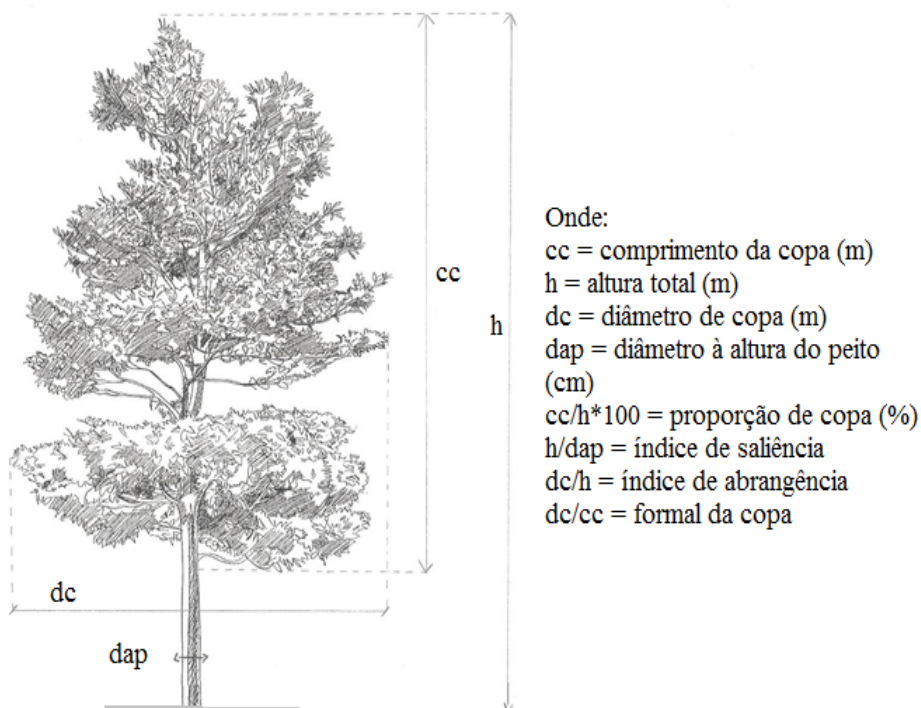


Figura 17. Esquema das relações morfométricas de uma árvore. Fonte: autor.

A análise de regressão linear foi utilizada para demonstrar as relações morfométricas para *Eugenia pyriformis* Cambess. O DAP foi escolhido como variável independente dos modelos matemáticos por ser considerada uma variável de fácil medição no campo. Os modelos foram selecionados através do coeficiente de correlação de Pearson, por meio do programa estatístico STATISTICA version 10.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1. Características Morfométricas

Os 20 indivíduos avaliados foram separados em quatro classes, de acordo com o diâmetro à altura do peito (DAP), a classe 1 - (C1) < 50 cm, classe 2 - $50 \leq C2 < 100$ cm, classe 3 - $100 \leq C3 < 150$ cm e a classe 4 - $C4 \geq 150$ cm. A tabela 3 apresenta a distribuição de frequência para as classes de diâmetro de *E. pyriformis* Cambess.

Tabela 3. Tabela de frequência para as classes de diâmetro de *Eugenia pyriformis* Cambess.

Classes	Contagem	Contagem acumulada	Percentual	Percentual acumulado
Classe 2	3	3	15%	15%
Classe 3	12	15	60%	75%
Classe 4	3	18	15%	90%
Classe 1	2	20	10%	100%

A classe 3, que apresenta 60% dos indivíduos amostrados e cujos DAP estão entre 100 e 150 cm é dominante entre as outras classes existentes. As classes 1, 2 e 4 estão mais equilibradas entre si, sendo responsáveis por 10 a 15% das ocorrências naturais de exemplares de *E. pyriformis* Cambess inseridos no jardim botânico do Faxinal do Céu - PR.

Os resultados das características morfométricas de *E. pyriformis* Cambess estão apresentadas na Tabela 4. Estão dispostos os valores médios, mínimos e máximos para as variáveis DAP (diâmetro a altura do peito), h (altura total), hf (altura comercial do fuste), dc (diâmetro de copa), cc (comprimento de copa), pc (proporção de copa), ge (grau de esbeltez), is (índice de saliência), ia (índice de abrangência) e fc (formal de copa).

Tabela 4. Caracterização das variáveis morfométricas para *Eugenia pyriformis* Cambess com número de indivíduos (n) = 20. CV: coeficiente de variação.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Médio	CV (%)
DAP (cm)	47,20	186,00	115,22	31,78
h (m)	10,00	23,00	15,74	25,53
hf (m)	1,10	7,30	3,58	52,98
dc (m)	4,95	14,70	9,13	26,40
cc (m)	6,25	21,00	12,16	29,03
pc (%)	59,52	91,30	77,26	13,00
ge	7,75	27,22	15,12	39,76
is	5,86	12,46	8,24	20,18
ia	0,32	0,90	0,61	32,39
fc	0,42	1,25	0,79	30,30

DAP: diâmetro à altura do peito; h: altura total; hf: altura comercial; dc: diâmetro de copa; cc: comprimento de copa; pc: proporção de copa; ge: grau de esbeltez; is: índice de saliência; ia: índice de abrangência; fc: formal de copa.

A altura de inserção da copa ou altura comercial do fuste (hf) apresentou valores entre 1,1 a 7,3 m, com média de 3,58 m. Estes valores são inferiores aos resultados obtidos por Román, Bressan e Durlo (2009), que encontraram altura comercial do fuste para *Cordia trichotoma* de 3,0 a 9,0 m, com média de 5,9 m indicando a possibilidade da retirada de até três toras comerciáveis neste caso. Durlo e Denardi (1998) apresentaram média de 6,3 m para a altura comercial do fuste avaliado em *Cabralea canjerana* com variação de 1,5 a 13 m.

Dentre todas as variáveis avaliadas, o CV (%) de 52,98 foi o maior para a hf, isto provavelmente aconteceu devido ao número de amostras reduzido (n=20) e pela alta variabilidade entre os indivíduos. Entretanto, a grande amplitude de variação da altura comercial do fuste segundo Durlo e Denardi (2004) é natural já que foram medidas árvores em diferentes estágios sucessionais.

O diâmetro de copa (dc) para *E. pyriformis* Cambess apresentou variação de 4,95 a 14,7 m com média de 9,13 m. Lanzarin (2016) encontrou valores entre 0,75 e 19,6 m com média de 7,6 m para DC em seu trabalho com *Maclura tinctoria* e indica que a grande amplitude nos resultado é resultado da plasticidade da espécie em relação à copa. Durlo (2001) avaliou as características morfométricas para *Cabralea canjerana* (canjarana) e encontrou uma média de 4,3 m para dc com valores entre 1,0 e 10,4 m, nesse caso o autor indicou por meio de regressões, a relação linear positiva entre dc e DAP, sendo a maior copa em diâmetro referente a árvore com maior altura total e um dos maiores DAP.

Orellana e Koehler (2008) em seu estudo das variáveis morfométricas de *Ocotea odorifera* no Sul do Paraná, observou que no caso de um diâmetro de copa médio de 7,1 m, o número ideal de árvores (densidade ótima) por hectare é de aproximadamente 250 árvores para que não ocorra concorrência entre elas. No caso da *E. pyriformis* Cambess, com uma média de 9,13 m para o dc, o número ideal de árvore por hectare seria de aproximadamente 150 indivíduos para que não haja competição entre elas.

Em relação ao comprimento de copa (cc), foram encontrados valores entre 6,25 e 21 m para *E. pyriformis* Cambess com média de 12,16 m. Durlo (2001) verificou valores entre 0,3 e 15,7 m para canjarana com média de 6,5 m. Nesse sentido, é possível verificar uma superioridade do cc da *E. pyriformis* Cambess quando comparada com a *C. canjerana*. Román, Bressan e Durlo (2009) encontraram valores entre 2,7 a 11,5 m de comprimento de copa para *Cordia trichotoma* (louro – pardo) com média de 7,20. É possível observar que o diâmetro de copa apresenta uma grande faixa de variação para diferentes espécies.

Quanto à relação entre o comprimento da copa e a altura total da árvore, ou seja, a proporção de copa (pc %) ocorreu em torno de 77 % com mínimo de 59,52 e máximo de 91,3 %. Orellana e Koehler (2008) encontraram valores de proporção de copa entre 30 e 77,8 % com média de 55,2 % para *Ocotea odorifera* no Sul do Paraná. Segundo Román, Bressan e Durlo (2009), a variável pc representa um indicador de vitalidade, portanto quanto maior a porcentagem, mais produtiva pode ser a árvore. Nesse contexto, *E. pyriformis* Cambess apresenta alta capacidade produtiva com fins não madeireiros levando em consideração os valores estimados para a proporção de sua copa.

A proporção da copa (pc %) pode ser eficiente para avaliar a eficiência da produtividade de uma árvore de acordo com a sua finalidade. Para produtos derivados de uma copa exuberante, como sementes, frutos e folhas, uma elevada pc pode ser desejável, por outro lado para produtos com fins madeireiros alta pc pode não ser adequada (TONINI; KAMINSKI; COSTA, 2008; CONDÉ, 2013).

Corroborando com este trabalho, Condé et al., (2013) avaliou as relações morfométricas de quatro espécies florestais: *Carapa guianensis* (andiroba), *Bertholletia excelsa* (castanheira-do-brasil), *Copaifera langsdorffii* (copaíba) e *Swietenia macrophylla* (mogno) e os maiores valores individuais de proporção de copa (pc %) foram obtidos pelo mogno com 83,71 %, copaíba com 79,23 % e pela andiroba com 77,78 %.

Espécies com elevada proporção de copa apresentam a maior parte de sua morfometria em forma de copa, estando assim altamente dependente da radiação solar para realizar sua manutenção e desenvolvimento (Condé et al., 2013). Portanto o maior rendimento quântico fotoquímico do fotossistema II (PH II) de *E. pyriformis* Cambess obtido nas plantas de ambientes com alta radiação comprovam a influência da proporção de copa no processo fotossintético das plantas e na manutenção do seu desenvolvimento.

O grau de esbeltez (ge), também conhecido como a relação entre h/DAP apresentou valores entre 7,75 de mínimo e 27,22 de máximo, com média de 15,12 para *E. pyriformis* Cambess. Segundo Durlo e Denardi (1998), o ge caracteriza a instabilidade das árvores, ou seja, quanto maior o grau de esbeltez, mais instável é a árvore, ficando suscetível a quebra dos galhos e detrimento da copa com os ventos fortes.

Condé et al., (2013) encontraram valores considerados elevados para o grau de esbeltez em andiroba (79,34) e mogno (66,79) e portanto, ambas as espécies não devem ser plantadas nas bordas, devendo ser utilizadas espécies com ge menor como quebra vento. Os valores apresentados para *E. pyriformis* Cambess são muito inferiores e portanto, provavelmente a espécie pode ser considerada estável e resistente a fatores, como o vento.

Lanzarin (2016) ressalta que altos valores para o grau de esbeltez resultam da falta de luz devido à competição entre as árvores que gera inibição do crescimento em diâmetro. Indivíduos com estas características apresentam troncos finos e altura elevada, o que pode levar a sua instabilidade, principalmente no caso de fortes ventos, tornando necessário neste caso, o desbaste. Portanto, pode-se inferir que os exemplares avaliados de *E. pyriformis* Cambess não apresentaram problemas em desenvolver seu diâmetro de copa em relação à sua altura, apresentando um grau de esbeltez baixo e árvores consideradas estáveis.

De acordo com Tonini, Kamisnki e Costa (2008) em seu trabalho com árvores nativas de castanha-do-brasil, apontam que o grau de esbeltez tem relação com a produtividade, e as árvores com menores valores apresentam maior produtividade. E concluíram também que árvores mais produtivas possuem copas mais compridas e robustas, corroborando com os resultados encontrados para as variáveis de copa da *E. pyriformis* Cambess.

A relação entre o diâmetro da copa e o DAP, também conhecido como o índice de saliência (is), apresentou valores entre 5,86 e 12,46 com média de 8,24 para a *E. pyriformis* Cambess. O is indica quantas vezes o diâmetro da copa é maior que o DAP, neste caso as copas das árvores de *E. pyriformis* Cambess são em média 8 vezes maiores do que os seus diâmetros.

O índice de saliência é eficaz como indicador do espaço necessário para cada árvore, de acordo com o diâmetro atingido (DURLO; DENARDI, 1998; ROMÁN, BRESSAN; DURLO, 2009). Durlo e Denardi (1998) encontraram valores médios próximos de 20 para o índice de saliência para a *C. canjerana* e Román, Bressan e Durlo (2009) apresentaram valores de is entre 16,8 e 38,10 com média de 24,70 para plantas da espécie *C. trichotoma*.

Segundo Tonini e Arco-Verde (2008), espécies de maior crescimento em termos de volume apresentam valores entre 15 e 20 para o is, espécies com valores superiores a 20 tendem a um baixo crescimento. Para Tonini e Arco-Verde (1995), espécies com valores acima de 40 indicam baixa produção. Dessa forma, levando em consideração os valores de is para a *E. pyriformis* Cambess pode indicar que a espécie é considerada de elevado crescimento e propensa a alta produção.

A relação entre o diâmetro de copa e a altura total da árvore é conhecido como o índice de abrangência (ia) e apresentou valores entre 0,32 e 0,9 com média de 0,61. No caso de existência de correlação entre a altura da árvore e o índice, pode-se utilizar o índice como indicador de desbaste ao longo do ciclo de vida (ROMÁN; BRESSAN; DURLO, 2009).

Orellana et al., (2008) encontraram valores próximos de ia em seu estudo com *Ocotea odorifera*, mínimo de 0,3 e máximo de 1 com média de 0,7. Durlo (2001) apresentou valores entre 0,17 e 0,69 para o ia com média 0,33 para a canjarana. O índice de abrangência tende a diminuir com a altura, devido ao crescimento em altura ser maior que o crescimento do diâmetro de copa (TONINI; ARCO-VERDE, 2005).

O formal de copa (fc) expressa a relação entre o diâmetro e o comprimento da copa. Com a análise de fc é possível indicar a forma geométrica que a árvore se assemelha (ZIMMERMANN et al., 2012). O formal de copa apresentou valores para a *E. pyriformis* Cambess entre 0,42 e 1,25 com média de 0,79. Orellana et al., (2008) encontraram valores entre 0,4 e 2,3 para *Ocotea odorifera* com média de 1,3.

O valor indicado pelo formal de copa indica o grau de achatamento das copas. Caso o índice encontrado esteja próximo a 1 indica que a copa é redonda, valores acima

de 1 indicam copas achatadas e valores abaixo de 1 caracterizam copas esbeltas (DURLO, 2001; ORELLANA et al., 2008; ROMÁN; BRESSAN; DURLO, 2009). De acordo com a variação nos resultados encontrados para o formal de copa da *E. pyriformis* Cambess é possível indicar que na população existem tanto copas esbeltas (formal de copa baixo) quanto arredondas. Levando em consideração a média dos resultados (0,79), a tendência do grupo analisado são copas mais esbeltas.

5.3.2. Análise de correlação entre as variáveis morfométricas

A análise de regressão linear entre o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total (h) com as demais variáveis morfométricas demonstrou correlações negativas e positivas. Por meio dessa análise é possível descrever as mudanças morfológicas das árvores ao longo do tempo.

A Tabela 5 apresenta os modelos matemáticos das principais correlações com o cálculo dos coeficientes de determinação (r^2) e o erro padrão (S_{yx}) para *Eugenia pyriformis* Cambess.

Tabela 5. Modelos matemáticos obtidos das correlações entre as variáveis morfométricas de *Eugenia pyriformis* Cambess.

Modelos Matemáticos	r^2	S_{yx}
Diâmetro de copa = $2,7025 + 5,5760 \times \text{DAP}$	0,71	2,40
Grau de esbeltez = $30,402 - 13,26 \times \text{DAP}$	0,65	6,01
Índice de Saliência = $11,579 - 2,897 \times \text{DAP}$	0,40	1,66
Proporção de copa = $61,350 + 13,813 \times \text{DAP}$	0,25	10,05
Índice de Abrangência = $0,25113 + 31124 \times \text{DAP}$	0,33	0,20
Comprimento de copa = $-0,0310 + 0,77481 \times h$	0,77	3,53
Índice de Abrangência = $1,0907 - 0,0306 \times h$	0,38	0,20
Formal de copa = $1,4233 - 0,0403 \times h$	0,45	0,24

É possível observar através de r^2 variando entre 0,33 e 0,71 e os baixos valores do erro padrão que as variáveis diâmetro de copa, grau de esbeltez, índice de saliência e índice de abrangência mostraram-se dependentes do DAP. Assim como o comprimento de copa, o índice de abrangência e o formal de copa possuem correlação com a altura total das árvores de *E. pyriformis* Cambess.

Verificou-se que à medida que houve aumento o DAP, o diâmetro de copa e o índice de abrangência também aumentaram, resultando em correlação positiva entre as

variáveis. Já o grau de esbeltez e o índice de saliência apresentaram correlação negativa, ou seja, a medida que aumenta o DAP, diminui o grau de esbeltez e o índice de saliência.

As correlações podem ser observadas também para as variáveis em relação a altura total da árvore de *E. pyriformis* Cambess. Nesse caso, a altura total apresentou correlação positiva com o comprimento de copa e correlação negativa com o índice de abrangência e o formal de copa.

O diâmetro de copa relaciona-se significativamente com o DAP, tendendo a aumentar em razão do aumento do DAP (Figura 18). A cada um metro que aumenta o DAP de *E. pyriformis* Cambess, o diâmetro de sua copa (dc) é incrementado em 5,5760 metros.

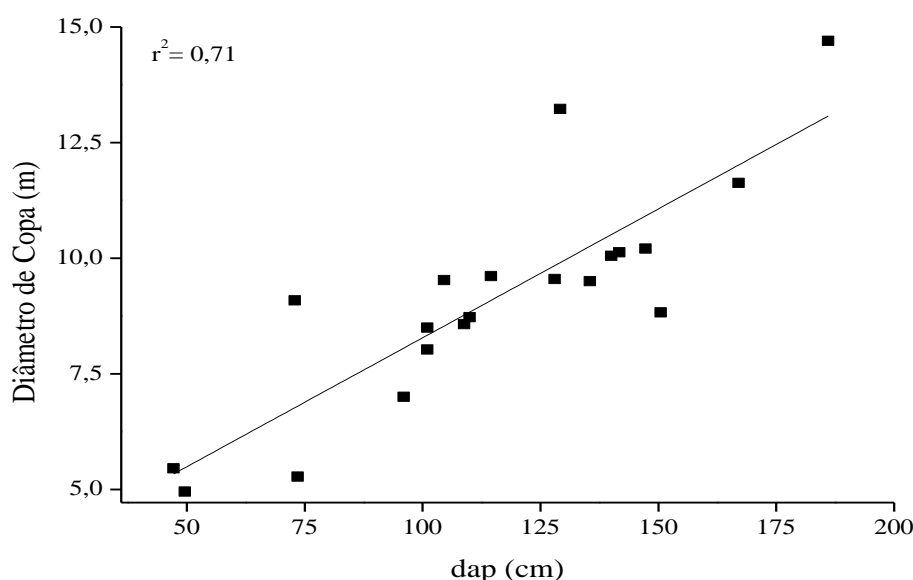


Figura 18. Correlação positiva entre o diâmetro de copa (dc) e o diâmetro a altura do peito (DAP) para *Eugenia pyriformis* Cambess.

Outros autores também observaram uma estreita correlação entre o dc e o DAP. Curto (2015) encontrou correlação de 0,756 para árvores de plantio superestocado de *Araucaria angustifolia*. Outros autores, Román, Bressan e Durlo (2009) identificaram r^2 de 0,61 na correlação entre o dc e o DAP para *Cordia trichotoma* (louro-pardo), no município de Santa Maria, RS.

A determinação desta correlação é importante, pois permite caracterizar o espaço a ser reservado para cada uma das árvores sem que ocorra concorrência entre os indivíduos, determinando um desenvolvimento adequado, à medida que esta se

desenvolve (ROMÁN; BRESSAN; DURLO, 2009). Visando o plantio de árvores nativas, o conhecimento dessas características permite, por sua vez, conhecer antecipadamente o número de indivíduos a serem selecionados e utilizados em plantéis

Tonini e Arco-Verde (2008) encontraram correlação positiva entre DC e DAP para as quatro espécies avaliadas em seu estudo (castanha-do-pará ou castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), a andiroba (*Carapa guianensis*), o ipê-roxo (*Tabebuia avellaneda*) e o jatobá (*Hymenaea courbaril*), em plantios homogêneos no estado de Roraima. Segundo esses pesquisadores, o conhecimento desta relação possibilita o cálculo do número máximo de árvores por hectare, utilizando-se de um diâmetro desejado.

A figura 19 apresenta a correlação entre a pc e o DAP.

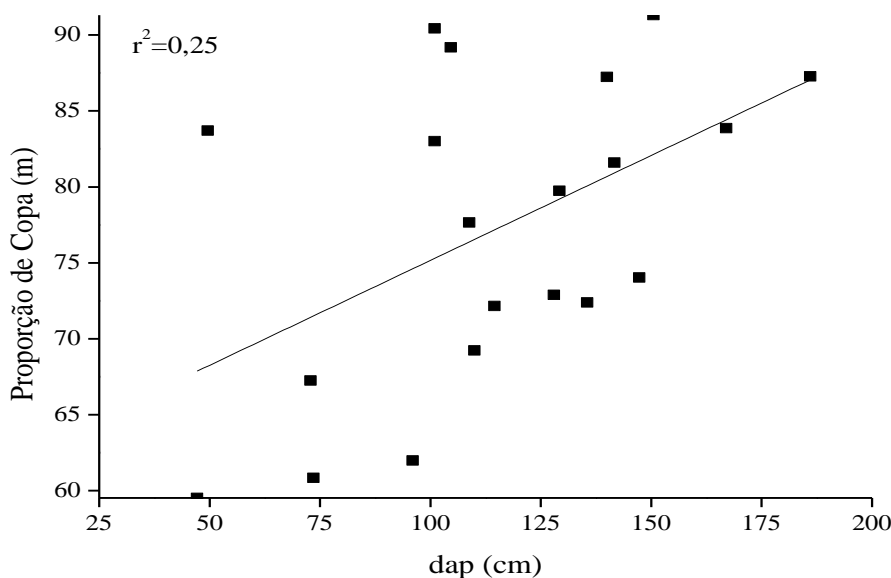


Figura 19. Correlação positiva entre a proporção de copa (pc) e o diâmetro a altura do peito (DAP) para *Eugenia pyriformis* Cambess.

Román, Bressan e Durlo (2009) encontraram correlação positiva entre as variáveis pc e DAP para árvores de *Cordia trichotoma* (louro-pardo), no município de Santa Maria, RS. Segundo os autores, essa relação indica que a velocidade do crescimento apical é mais rápida que a velocidade de mortalidade dos ramos na base da copa.

O grau de esbeltez (figura 20) apresenta correlação negativa com o DAP, ou seja, a medida que aumenta o DAP, diminui o grau de esbeltez. Sendo assim, é possível concluir que ocorre maior aumento de diâmetro (cm) do que de altura (m) e assim,

tornando as árvores mais estáveis. Por outro lado, como mencionado anteriormente, quanto mais alto o grau de esbeltez, mais instável é a árvore.

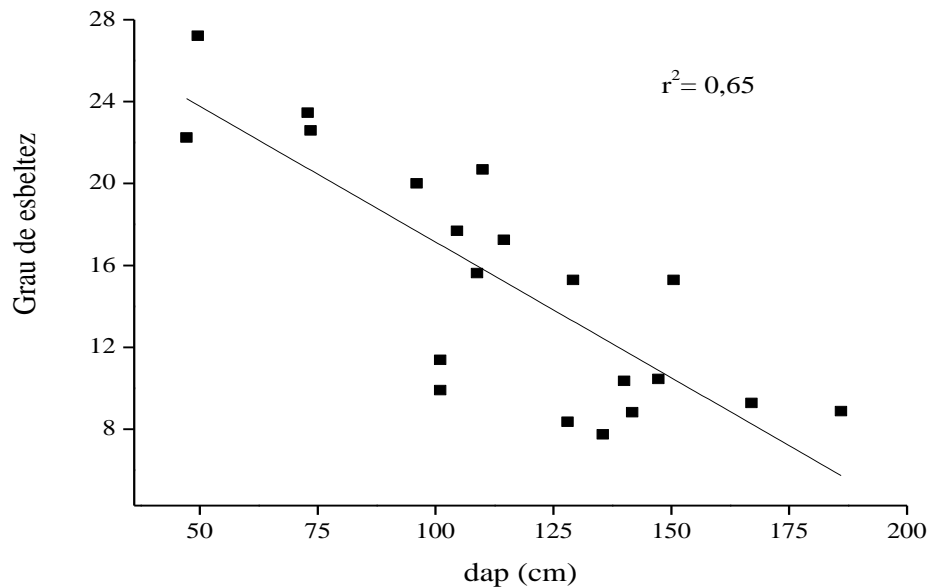


Figura 20. Correlação negativa entre o grau de esbeltez (ge) e o diâmetro a altura do peito (DAP) para *Eugenia pyriformis* Cambess.

A diminuição do grau de esbeltez com o aumento do DAP, apresentando uma correlação negativa, também foi observada por Condé (2015) para árvores de plantio superestocado de *Araucaria angustifolia* e por Durlo (2001) para *Cabralea canjerana* em floresta secundária da encosta Sul do planalto sul-rio-grandense. Ainda Román, Bressan e Durlo (2009) também observaram estas características para árvores de *Cordia trichotoma* (louro-pardo), em uma formação induzida, no município de Santa Maria, RS.

Assim como o grau de esbeltez, o índice de saliência (is) também apresentou correlação negativa com o DAP (Figura 21), portanto, ao aumentar o diâmetro de indivíduos de *E. pyriformis* Cambess, a tendência é diminuir o seu IS.

Como mencionado anteriormente, o índice de saliência indica quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP. Durlo e Denardi (1998) apontam que se existir uma correlação significativa entre o índice e o DAP é possível prever um manejo de povoamento através do diâmetro atingido pelos componentes e ainda, inferir sobre o número máximo de árvores por unidade de área.

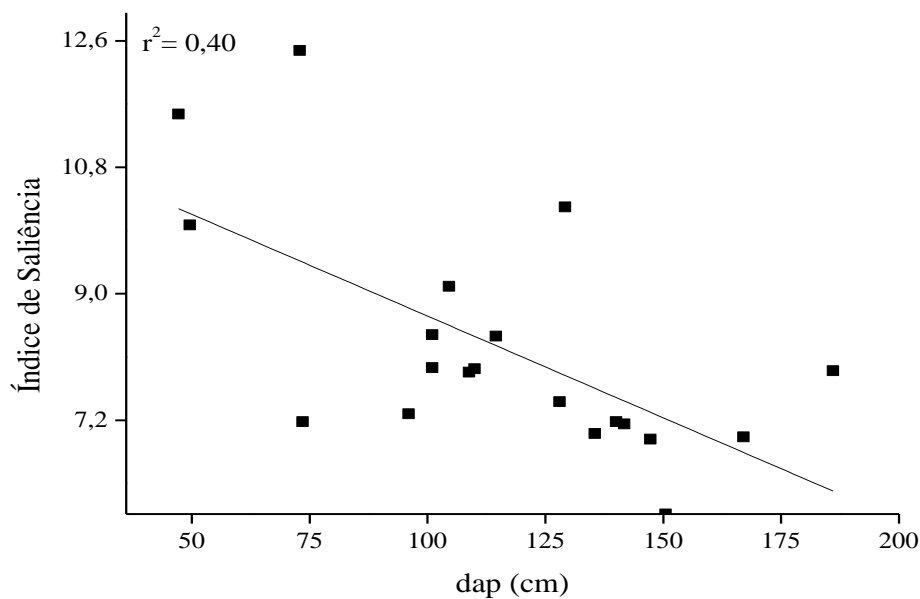


Figura 21. Correlação negativa entre o Índice de saliência e o diâmetro a altura do peito (DAP) para *Eugenia pyriformis* Cambess.

Foi observado correlação positiva entre o índice de abrangência (ia) e o DAP (Figura 22) para *E. pyriformis* Cambess. Portanto, o índice de abrangência tende a aumentar com o engrossamento das árvores.

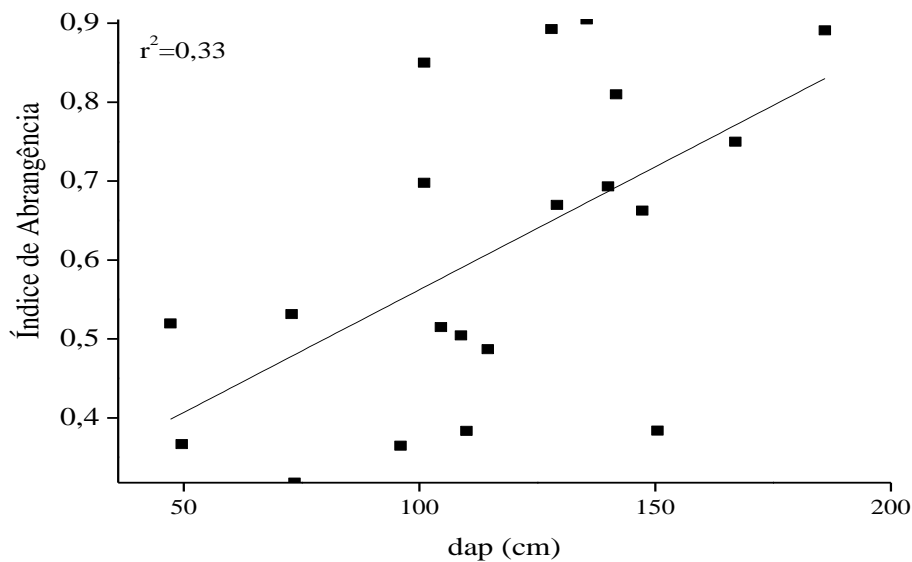


Figura 22. Correlação positiva entre o Índice de abrangência (ia) e o diâmetro à altura do peito (DAP) para *Eugenia pyriformis* Cambess.

Román, Bressan e Durlo (2009) observaram um coeficiente de determinação baixo na correlação entre o índice de abrangência e o DAP (0,24) para as árvores de *Cordia trichotoma* (louro-pardo), em uma formação induzida, no município de Santa Maria, RS. Porém, uma vez que o nível de significância foi menor que 5%, os autores caracterizaram como tendência o comportamento de aumentar o índice de abrangência com o aumento no engrossamento das árvores (DAP). Tonini e Arco-Verde (2005) também observaram uma correlação positiva entre as variáveis para o ipê-roxo (*Tabebuia avellanadae*) em plantio homogêneo no estado de Roraima.

Por outro lado, o índice de abrangência tende a diminuir com a altura total, resultando em uma correlação negativa entre as variáveis para a *E. pyriformis* Cambess (Figura 23). O aumento na altura total da árvore não é acompanhado de modo proporcional pelo aumento do diâmetro de copa, ou seja, o crescimento do diâmetro de copa é maior que o crescimento em altura (DURLO, 2001; TONINI; ARCO-VERDE, 2005, LANZARIN, 2016).

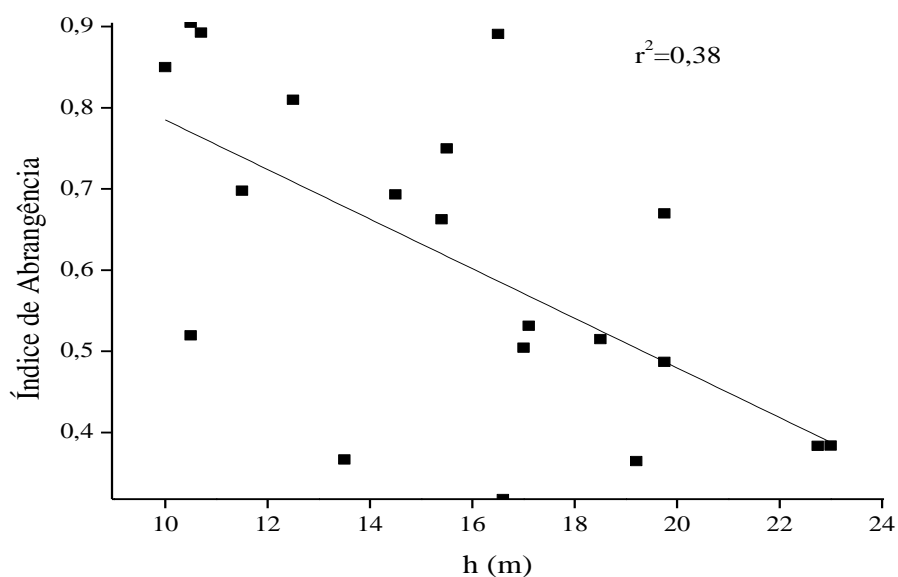


Figura 23. Correlação negativa entre o Índice de abrangência e a altura total para *Eugenia pyriformis* Cambess.

Dessa forma, com o aumento do diâmetro do tronco das árvores de *E. pyriformis* Cambess, as taxas de aumento de diâmetro de copa possuem a tendência de ultrapassar as taxas de crescimento em altura total da árvore. Resultando em uma correlação positiva entre o índice de abrangência e o diâmetro (DAP) e uma correlação negativa com a altura total da árvore.

5.4. CONCLUSÕES

A grande amplitude dos dados para o diâmetro da copa indica a plasticidade de *E. pyriformis* Cambess em relação à sua copa.

Em média 77% da estrutura dos exemplares de árvores de *E. pyriformis* Cambess é formada pela copa (PC). A espécie apresenta alta capacidade produtiva levando em consideração os valores encontrados para a proporção de copa.

O baixo grau de esbeltez encontrado para a *E. pyriformis* Cambess indica que a espécie pode ser considerada estável e resistente a fortes ventos.

O índice de saliência indica que as copas das árvores de *E. pyriformis* Cambess são em média oito vezes maiores do que os seus diâmetros, podendo ser utilizado como um indicador de desbaste.

O formal de copa da *E. pyriformis* Cambess indica que na população existem tanto copas esbeltas (formal de copa baixo) quanto arredondas. Em relação a média dos resultados (0,79), a tendência são copas mais esbeltas.

E. pyriformis Cambess apresentou correlação positiva para o DAP com o diâmetro de copa, o índice de abrangência e a proporção de copa. Já o grau de esbeltez e o índice de saliência apresentaram correlação negativa, ou seja, a medida que aumenta o DAP, diminui o grau de esbeltez e o índice de saliência.

À medida que aumenta a altura total das árvores de *E. pyriformis* Cambess, diminui o grau de abrangência.

5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da morfometria e as relações entre as variáveis morfométricas possibilitam a compreensão das formas de crescimento e sua dinâmica no ambiente natural, visando o potencial dessas espécies em ambientes degradados. E ainda, como forma de plantio possibilita a aplicação de tratamento silviculturais.

É indiscutível a importância que as espécies nativas apresentam no ambiente, portanto o estudo das relações características fisiológicas, bem como as morfométricas e suas variáveis em plantas nativas é relevante para oferecer subsídio no desenvolvimento do manejo e aprimorar a utilização das técnicas silviculturais. Nesse sentido, vale ressaltar que este trabalho é pioneiro na análise da fluorescência da clorofila *a* e da morfometria da espécie *E. pyriformis* Cambess, tornando possível a realização de trabalhos posteriores com o objetivo de obter conhecimento acerca das características da espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURGER, H. Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Wesen, v.21, p.147-176, 1939.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies Arbóreas Brasileiras. **Embrapa Informação Tecnológica**. p. 644 v.4. Embrapa Florestas, 2010.
- CONDÉ, T. M.; LIMA, M. L. M.; LIMA NETO, E. M.; TONINI, H. *Morphometric of four species in agroforestry systems in the municipality of Porto Velho, Rondônia*. **Revista Agroambiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 18-27, janeiro-abril, 2013.
- CURTO, R. A. Avaliação do Crescimento e Potencial de Manejo em plantio superestocado de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Tese (doutorado)**. Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2015.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-66, nov, 1998.
- DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-150, jun, 2001.
- DURLO, M. A.; SUTILI, F. J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79-89, dez, 2004.
- LANZARIN, K. Relações Morfométricas e Potencial de Manejo de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don Ex. Steud em Formações Secundárias do Noroeste do rio Grande do Sul. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de Santa Maria, 2016.
- NUTTO, L. MANAGEMENT OF DIAMETER GROWTH OF THE INDIVIDUAL TREE OF *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 2, 2001.
- NUTTO, L.; TONINI, H.; BORSOI, A.G.; MOSKOVICH, F.A.; SPATHELF, P. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 42, jan./jun. p. 123-138, 2001.
- ORELLANA, E.; KOEHLER, A.B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237, abr./jun, 2008.
- ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 473-480, 2009.
- STEFANELLO, M. E. A.; WISNIEWSKI, A. J. R.; SIMIONATTO, E. L.; CERVI, A. C. Composição Química e Variação Sazonal dos Óleos Essenciais de *Eugenia*

pyriformis (Myrtaceae). **Latin American Journal of Pharmacy**, Buenos Aires, v. 28, n. 3, p. 449-453, 2009.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638, jul. 2005.

TONINI, H.; KAMINSKI, P. E.; COSTA, P. Relação da produção de sementes de castanha-do-brasil com características morfométricas da copa e índice de competição. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1509-1516, 2008.

ZIMMERMANN, A. P. L.; FLEIG, F. D.; REDIN, C. G.; AGUIAR, A. V. Relações morfométricas para árvores dominantes de *Pinus taeda* no estado do Paraná. **Anais VII Simpósio de Pós-Graduação em Ciências Florestais**, Viçosa, MG, 2012.