

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**SOMBREAMENTO ARTIFICIAL EM MUDAS DE ESSÊNCIAS
FLORESTAIS**

EMERSON IURI DE PAULA ARAÚJO

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
NOVEMBRO – 2016

EMERSON IURI DE PAULA ARAÚJO

**SOMBREAMENTO ARTIFICIAL EM MUDAS DE ESSÊNCIAS
FLORESTAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Anselmo Eloy Silveira Viana

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
NOVEMBRO - 2016

EMERSON IURI DE PAULA ARAÚJO

**SOMBREAMENTO ARTIFICIAL EM MUDAS DE ESSÊNCIAS
FLORESTAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 30 de novembro de 2016.

Comissão Examinadora:

Prof. Sylvana Naomi Matsumoto (D.Sc., Fisiologia Vegetal) – UESB

Adriana Dias Cardoso (D.Sc., Fitotecnia) – CAPES

Prof Anselmo Eloy Silveira Viana (D.Sc., Produção Vegetal) - UESB
Orientador

A Deus, que me presenteou com uma base feita por meus pais José Dezidério e Isabel Cristina, meus irmãos Éder e Rebeca e com o amor de minha esposa Andarta Bittencourt.

Dedico e Ofereço!

“A terra fez brotar a vegetação: plantas que dão sementes de acordo com as suas espécies, e árvores cujos frutos produzem sementes de acordo com as suas espécies. E Deus viu que era bom.”

Gênesis 1:12

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo a Deus, pela Sua presença em todos os momentos, pelos ensinamentos que vão além do que um diploma pode oferecer.

A toda minha família, pelo apoio e encorajamento que me deram em todos os momentos de dificuldades.

Ao Prof. D. Sc. Anselmo Eloy Silveira Viana, pelo empenho, paciência, incentivo e transmissão de todos os conhecimentos.

À Prof^a. D. Sc. Sylvana Naomi Matsumoto e D. Sc. Adriana Dias Cardoso, pelos ensinamentos e contribuições na elaboração e discussão deste trabalho.

À D. Sc. Generosa Souza Ribeiro, por me encorajar a fazer um curso de Pós-Graduação e pela disponibilidade em me ajudar a chegar até o fim.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pelo apoio e oportunidade oferecidos.

Aos professores integrantes do programa, por todo conhecimento dividido, pela colaboração e pelo empenho com seus alunos.

À Coordenação da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos estagiários do laboratório de Melhoramento e Produção Vegetal, Fabricio Dutra, Bruno Viana, Mariana Rampazzo e Reginaldo Silva, pelo papel fundamental na execução do experimento em campo.

Aos Colegas de laboratório, Caio Prates, Bruna Souza e Gabriela Luz, pelos muitos esclarecimentos e serviços prestados.

Os colegas do curso de engenharia agrônômica da UESB, Bruno Frota e Genilson Santo, pela ajuda.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal da UESB, por todo empenho em ajudar, em especial: Virgiane e Ricardo.

Aos meus irmãos em Cristo, que, em muitos momentos, estiveram ao meu lado na execução de todo esse projeto.

A todos os colegas de Mestrado, a começar por Willyan e Suellen Batista (Will e Suh), Jefferson Gomes (Jefão), Francisnei Brilhante (Nei), Liliane Roque (Liu), Mislene Barbosa (Miss), Larissa Rocha (Lari), Maída Cynthia (Dinha), Mayana Duarte (May) e Saad Miranda.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar e temperaturas máximas e mínimas no período de outubro/2015 a março/2016. Vitória da Conquista, BA, 2016.....12
- Figura 2** – Estimativa de altura parte aérea mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....19
- Figura 3** - Estimativa de diâmetro de colo de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....21
- Figura 4** - Estimativa do número de folhas de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....22
- Figura 5** - Estimativa de área foliar de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....23
- Figura 6** - Estimativa de números de dobras radiciais de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.24
- Figura 7** - Estimativa de comprimento da raiz de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....25
- Figura 8** - Estimativa de comprimento da pivotante de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....27
- Figura 9** - Estimativa de massa seca da raiz de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....28

Figura 10 - Estimativa de massa seca da parte aérea de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....	29
Figura 11 - Estimativa de massa seca da total da parte aérea de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....	30
Figura 12 - Estimativa de fotossíntese líquida de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....	30
Figura 13 - Estimativa de transpiração de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....	32
Figura 14 - Estimativa de concentração interna de CO ₂ de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....	33
Figura 15 - Estimativa de eficiência instantânea do uso da água de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....	34
Figura 16 - Estimativa de eficiência intrínseca do uso da água de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....	35
Figura 17 - Estimativa de teor relativo de clorofila de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.....	36
Figura 18 - Estimativa de relação entre altura e diâmetro (H/D) de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista,	

BA,
2016.....37

Figura 19 - Estimativas do Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA,
2016.....38

Figura 20 - Estimativa de valores de MSPA/MSR de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA,
2016.....39

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AF	Área foliar total
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro Quadrados
cm ³	Centímetro cubico
CO ₂	Dióxido de carbono
CP	Comprimento da pivotante
CR	Comprimento da raiz
DC	Diâmetro de colo
g	Gramma
g/m ³	Gramma por metro cubico
H	Altura da parte aérea
H/D	Relação altura por diâmetro
IQD	Índice de qualidade Dickson
kg/m ³	Quilogramas por metro cubico
m ³	Metro cubico
mm	Milímetros
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca das raízes
MST	Massa seca total
NDR	Número de dobras radiciais
NF	Número de folhas
PHY	Fitocromos
RFA	Radiação fotossinteticamente ativa
SES	Síndrome de evitação à sombra
SPAD	Teor relativo de clorofila
t/há ⁻¹	Toneladas por hectare
V	Luz vermelha
VE	Luz Vermelha-extrema

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Luz e sombreamento	2
2.1.1. Aspectos morfológicos	2
2.1.2. Aspectos fisiológicos	5
2.2. Qualidade de mudas	8
2.3. Efeito do sombreamento nas mudas das espécies avaliadas	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Descrição do local de experimento	12
3.2. Espécies avaliadas	13
3.3. Coleta e seleção das sementes	14
3.4. Quebra de dormência	15
3.5. Condução do experimento	15
3.6. Características avaliadas	16
3.7. Análises estatísticas	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6. CONCLUSÕES	41
4. REFERÊNCIAS	42

RESUMO

Araújo, Emerson Iuri de Paula Araújo, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, novembro de 2016. **Sombreamento artificial em mudas de essências florestais.** Orientador: D. SC. Anselmo Eloy Silveira Viana.

Com objetivo de avaliar a influência do sombreamento artificial em características morfológicas e fisiológicas em mudas de tento carolina, guapuruvu, jacarandá mimoso e pau-ferro, foi realizado este estudo na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, município de Vitória da Conquista, Bahia. As mudas foram cultivadas em telados de polietileno com níveis de sombreamento de 20%, 40%, 60% e a pleno sol, considerado 0% de sombreamento. As características avaliadas foram: altura da parte aérea, diâmetro do colo, relação altura por diâmetro, número de folhas, número de dobras radiciais, comprimento total da raiz, comprimento da raiz pivotante, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, índice SPAD, índice de qualidade Dickson e taxas de trocas gasosas foliares. A característica altura de mudas foi a mais influenciada pelos níveis de sombreamento, com maior crescimento em maior índice de sombreamento. Esse crescimento não foi acompanhado pelo desenvolvimento do colo das mudas em diâmetro, sendo assim caracterizado o estiolamento. O índice de qualidade de mudas que melhor expressou relação com os níveis de sombreamento para as quatro espécies em estudo foi o índice de robustez (relação entre altura e diâmetro das mudas). Com base nesse índice, pode-se afirmar que as espécies guapuruvu, jacarandá minoso, tento carolina e pau-ferro foram mais bem qualificadas quando cultivadas a pleno sol.

Palavras-chave: restrição luminosa; níveis de irradiância; características fisiológicas.

ABSTRACT

Araújo, Emerson Iuri de Paula Araújo, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, novembro de 2016. **Artificial shading on seedling forest species.** Orientador: D. SC. Anselmo Eloy Silveira Viana.

The objective of this study was to evaluate the influence of artificial shading on morphological and physiological characteristics of *tento carolina*, *guapuruvu*, *jacarandá mimoso* and *pau ferro* seedlings, at the State University of Southwest of Bahia, in the municipality of Vitória da Conquista, Bahia. The seedlings were grown in polyethylene screens with shading levels of 20%, 40%, 60% and full sun, considered as 0% shading. The evaluated characteristics were: shoot height, neck diameter, height-to-diameter ratio, number of leaves, number of root folds, total root length, pivot root length, aerial shoot mass, root dry mass, mass Total dry matter, SPAD index, Dickson quality index and foliar gas exchange rates. The characteristic height of seedlings was most influenced by shade levels, with higher growth in higher shading index. This growth was not accompanied by the development of the lap of the seedlings in diameter, thus characterized the seeding. The seedling quality index that best expressed relation to shade levels for the four species studied was the robustness index (relation between height and seedling diameter). Based on this index it can be affirmed that the species *guapuruvu*, *jacaranda mimoso*, *tento carolina* and *pau ferro* were better qualified when cultivated in full sun.

Keywords: light restriction; Irradiance levels; Physiological characteristics.

1. INTRODUÇÃO

O sombreamento artificial usado na produção de mudas proporciona ao produtor controle da quantidade de luz que entra no viveiro, sendo importante conhecer os níveis de irradiância adequados a cada espécie. O manejo inadequado desses níveis de irradiância pode gerar um fenômeno conhecido como estiolamento, o qual restringe o vigor das mudas.

O estiolamento é uma reação morfológica provocada por níveis de luz muito baixa em meio ao desenvolvimento das mudas e, em resposta a isso, ocorre um crescimento desproporcional do caule, altura, em relação ao do coleto e diâmetro (TAIZ e ZEIGER, 2013). Essas plantas, estioladas, têm menos vigor quando levadas ao campo.

O tipo de espectro e a ausência de luz são pontos limitantes para o incremento de crescimento das mudas, desempenhando ampla influência na qualidade das mudas. O manejo da quantidade e qualidade da luz está associado à partição de assimilados das plantas em condições de viveiro (MARANA et al., 2015).

A disponibilidade de luz afeta a morfologia das mudas, de acordo com a plasticidade fenotípica das espécies, durante o crescimento vegetativo inicial. Para as *Schilozobium parahyba*, níveis de restrição de luz até 70% estimula o acréscimo em altura (CARON et al., 2010).

Para as mudas de *Caesalpinia ferrea*, em condição de 50% de sombreamento, houve maximização de características morfológica, entretanto para as características teor de clorofila total, razão de área foliar, taxa de crescimento relativo e razão de área foliar e razão de peso foliar mantiveram elevação até 70% de sombreamento (LENHARD et al., 2013).

Em estudos realizados por Freitas (2016), índices de condutância estomática, taxa transpiração e assimilação líquida de CO₂, eficiência de uso da água e teores de clorofila foram maiores quando as mudas de *Cybistax antisyphilitica ficaram* em ambiente de pleno sol.

Com base nisso, pode-se relacionar a eficiência de desenvolvimento das plântulas com a capacidade de adaptação das mudas às condições de luz dos ambientes. Essa adaptação das plantas aos ambientes dependerá do ajuste do seu aparelho fotossintético, de modo que a luminosidade do ambiente

seja utilizada da maneira mais eficiente possível (SILVA et al., 2007). Dentro desse contexto, em estudos relacionados com níveis de luminosidade, Câmara e Endres (2008) afirmaram que o padrão ideal para o desenvolvimento inicial de mudas de espécies florestais exóticas deve ser previamente conhecido para que se alcance respostas mais satisfatórias de desenvolvimento das mudas.

Assim, o sombreamento com telas pode permitir produzir mudas de melhor qualidade, aumentando o número de mudas viáveis para utilização em projetos de reflorestamento por uniformizar as condições de iluminação. Esse fato é importante para a execução de estudos focados na produção dessas mudas, sendo possível isolar e quantificar o efeito da intensidade luminosa (DUTRA et al., 2012). Portanto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo avaliar a influência do sombreamento artificial em mudas de essências florestais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A produção de mudas, seja em larga, seja em pequena escala, carece de um mínimo de informações para o melhor desenvolvimento dessa atividade. Conforme Eloy et al. (2013), nos dias atuais, a crescente demanda de madeira e seus derivados, como produção de matéria-prima para a indústria farmacêutica, ou na produção de energia, exige precisão do aprimoramento das tecnologias de produção em busca de mudas com alto padrão de qualidade.

Uma das recomendações técnicas mais importantes está contida na qualidade e quantidade de luz que uma muda necessita para o seu desenvolvimento. Essa luz, ou sombreamento (no caso de viveiros com tela), exerce grande influência em qualquer estágio que a planta (muda ou árvore) se encontre (SILVA et al., 2007 e DUTRA et al., 2012).

2.1. Luz e sombreamento

2.1.1. Aspectos morfológicos

Um dos efeitos mais rápidos da ação da luz na planta é o desenvolvimento do caule, tanto em altura como em diâmetro, isso acontece porque é uma das partes da planta mais visíveis, e qualquer alteração é vista

ligeiramente. Dutra et al. (2012) informaram que a luz exerceu interferência sobre a planta, em que a altura do caule foi menor em luz plena. César et al. (2014) também descreveram que interferências foram notadas em seus estudos. Esses autores afirmaram que as condições de pouca luz interferem no desenvolvimento em altura das mudas. A característica altura é citada por Fanti e Perez (2003) em semelhança ao que foi relatado pelos autores mencionados anteriormente, em que as mudas cresceram mais quando cultivadas sob alta luminosidade.

A Luz interfere também no desenvolvimento das mudas em diâmetro. Para César et al. (2014), em condições de pouca luz, as mudas de *Pterogyne nitens* Tull. têm baixo incremento do diâmetro de caule, essa é uma resposta bastante comum em mudas de árvores nativas consideradas como pioneiras. Uma resposta semelhante ocorreu em mudas de *Abies fargesii* (Rehder & E.H. Wilson) T.S. Liu, *Betula albosinensis*, *Picea asperata* e *Acer davidii* em que, em condições de baixa luminosidade, mostraram diminuição no diâmetro do colo, de acordo a Bo e Qing (2008). Corroborando essas informações, Aguiar et al. (2011) destacaram que as mudas de *Caesalpinia echinata* Lam. (Pau-brasil), em condições de baixa luminosidade, mantiveram os menores índices de diâmetro de colo e maiores valores para a relação entre altura e diâmetro (H/D).

Essa relação H/D determina a qualidade das mudas quanto à sua preparação para um bom estabelecimento em campo e ainda é um indicativo de possível estiolamento para as mudas que ainda estão no viveiro (COSTA et al., 2015). Esse estiolamento mostra que o fator luz, nesse caso a falta de luz, traz um desequilíbrio no desenvolvimento das mudas. Para Felseburgh et al. (2016), as mudas submetidas a ambientes com pouca disponibilidade luminosa apresentam tendência em direcionar maiores números de fotoassimilados para a parte aérea. De mesmo modo, os alongamentos celulares, favorecidos pelos baixos índices de luz dos ambientes mais sombreados, podem prover um maior desenvolvimento em altura. Em alguns casos, esse desequilíbrio, por falta de luz, é tão intenso, em decorrência de um baixo desenvolvimento do diâmetro de caule em relação à altura. Fica claro o acontecimento do fenômeno conhecido como estiolamento.

O estiolamento, então, é um efeito negativo da falta de luz e, segundo Fogaça (2014), esse fenômeno é uma das reações de um fato conhecido com “síndrome da evitação ao sombreamento” (SES), sendo este um acontecimento corriqueiro em plantas sombreadas.

Para Santos et al. (2010), mudas de *Eucalyptus grandis* plantadas em viveiros apresentam exigências específicas quanto aos fatores de intensidade e qualidade da luz angariada. Os resultados desse estudo revelaram que, em telados com 70% de sombreamento, as características dendrométricas avaliadas foram melhores, assegura Santos et al. (2010). Outros estudos, como os de Ruano et al. (2009) e Azevedo et al. (2015), também comprovaram que a luz exerce efeitos sobre o crescimento das plantas. Esses autores destacaram que a exigência das espécies quanto à intensidade, à qualidade, à duração e à periodicidade da luz estão entre os fatores que mais afetam a produtividade dos viveiros de mudas florestais. Em similaridade, Rego e Possamal (2006) novamente afirmaram que a luz em suas intensidades, qualidade e duração exatas promovem melhores desempenhos nas mudas de *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze crescidas sob luz plena, as quais acumularam mais biomassa nas folhas.

O fator intensidade de luz é um dos efeitos mais estudados (CÂMARA e ENDRES, 2008; AGUIAR et al., 2011; AMISSAH et al., 2015; AZEVEDO et al., 2015), pois essa intensidade é facilmente controlada pelas telas tipo sombrite®. Para Rodrigues e Almeida (2016), a intensidade da luz, igualmente ao que tem sido descrito, atuou no desenvolver das mudas, em que uma intensidade de 30% de luz algumas características da planta foram alteradas. Esses autores descreveram que essas alterações ocorreram no tamanho da parte aérea e comprimento total bem como na área foliar, visto que as estimativas para esses valores foram as maiores entre as intensidades testadas. Enquanto que a pleno sol, intensidade de 100%, a extensão da raiz foi maior.

Para as mudas de Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart.), cultivadas sob 70% de sombreamento, foram notados maiores teores de clorofila total e taxa de crescimento relativo (LENHARD et al., 2013). Estudos com resultados como esses comprovam que a intensidade da luz exerce grande influência no desenvolvimento das mudas.

A sobrevivência das mudas, igualmente, é uma das vertentes mais importantes em meio às características intrínsecas às plantas e também está ligada às intensidades de luz fornecida às mudas nos berçários. Demonstrando a interação da luz com a produção de mudas, Zhang et al. (2013) estudaram plântulas de *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. *Quercus mongolica* Fisch. ex Turcz. Quando essas mudas foram estabelecidas em baixos níveis de luz, 20%, as taxas de sobrevivência após 400 dias diminuíram para 60%. Na condição de luz plena, após os mesmos 400 dias, as espécies *P. koraiensis* e *Q. mongolica* apresentaram taxas de sobrevivência de 100% e 96%, respectivamente.

Para Ruano et al. (2009), os fatores abióticos interferem na sobrevivência de mudas em resposta às condições de luz do ambiente. Em condições de altas intensidades de luz, ocorre alteração na temperatura, tanto do solo como das folhas, e a ocorrência de mortalidade de mudas por déficit hídrico é mais comum de acontecer. Os mecanismos moleculares responsáveis pelo desenvolvimento das mudas são alterados quando essas plantas são expostas a uma gama de regimes de luz e temperatura, afirmaram Acosta et al. (2009). Esses mecanismos moleculares estão ligados à necessidade que as mudas têm de competir dentro do meio em que estão por água e nutrientes. Essas características funcionais apresentadas pelas plantas, como competição por água e nutriente, por exemplo, contribuem para a sobrevivência de mudas em condições adversas de luminosidade (ACOSTA et al., 2009). Pode-se afirmar então que as mudas com padrão adequado de intensidades luminosas apresentam melhores condições de competitividade e, conseqüentemente, maiores índices de sobrevivência (CARON et al., 2010).

2.1.2. Aspectos fisiológicos

A radiação luminosa em conjunto com a concentração de CO₂ está entre os elementos que interferem no desempenho da fotossíntese e, por conseguinte, implicam o desenvolvimento das mudas (PIEREZAN et al., 2012). A radiação luminosa exerce grande importância no controle fisiológico do crescimento de espécies arbóreas jovens, corrobora Niinemets (2010), está relacionada com estabelecimento e a sobrevivência dessas mudas no campo

(VALLADARES e NIINEMETS, 2008) e afeta características como formas e tamanhos de folhas e atividades fotossintéticas (KIM et al., 2011).

A luz é essencial, não só por assegurar energia para a fotossíntese, mas ainda para prover alguns “códigos”, como abertura e fechamento de estômatos e acúmulo de fotoassimilados em determinadas partes da planta, fato que gerencia o crescimento de plântulas (PIEREZAN et al., 2012). Saraiva et al. (2014) concordam que, com base na eficiência de absorção e aproveitamento da luz, as plantas expressam respostas diversas e cruciais para a sua sobrevivência, crescimento e adaptação a diferentes ambientais. Pode-se afirmar então que a produção de biomassa está em função da eficiência do convertimento da luz solar interceptada em fotoassimilados, alterando segundo as condições nas quais as plantas são cultivadas (CARON et al., 2012; TRAUTENMÜLLER et al., 2016).

Diversos estudos têm demonstrado a plasticidade fisiológica de várias espécies no tocante à disponibilidade da radiação fotossintética ativa, isso por intermédio de estimativas de ascensão inicial de mudas comparadas em níveis de sombreamento diferentes (PIEREZAN et al., 2012). Essa disponibilidade da radiação fotossintética ativa é essencial para a fluência de energia em sistemas biológicos, sendo definitivo para os processos fisiológicos das plantas (SARAIVA et al., 2014). De acordo com Trautenmüller et al. (2016), o desenvolvimento dos vegetais está sujeito ao acúmulo de biomassa oriundo da fotossíntese. Plantas cultivadas à sombra, por exemplo, normalmente investem em ganho de biomassa acima do solo (folhas e caule) (AMISSAH et al., 2015).

Conforme Santelices et al. (2015 a), o sombreamento não afeta apenas o crescimento vegetal e o acúmulo de biomassa, mas também afeta as propriedades fisiológicas das plântulas. As mudas de *Nothofagus leonii* (huala) produzidas em condição de sombra mostraram significativamente menor fluorescência da clorofila (SANTELICES et al., 2015 a).

As mudas de *Bertholletia excelsa* (Blonp.), em ambientes sombreados, exibem, como estratégia adaptativa, maiores teores de clorofila e carotenoides (ALBUQUERQUE et al., 2015). Em avaliação de desenvolvimento inicial em mudas de *Magonia pubescens*, os teores de clorofila também foram afetados pela luz, em que o teor de clorofila das mudas sob telado de 70% de sombreamento foi maior (JEROMINI et al., 2015). Para as mudas de

Schizolobium parahyba var. *Amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e *Parkia gigantocarpa* Ducke, no estudo de Lopes et al. (2015), o teor de clorofila não seguiu a resposta esperada observada em espécies de árvores, que tendem a aumentar sob mais intensa sombra. Lopes et al. (2015) afirmam que esse acontecimento sugere que, em intensidades elevadas de radiação solar, não foi observado aumento na degradação da clorofila nas espécies estudadas.

As mudas desenvolvidas sob condições de restrição luminosa são mais expostas à fotoinibição que aquelas desenvolvidas em pleno sol. Isso ocorre porque as mudas desenvolvidas em pleno sol possuem, primeiramente, maior capacidade de capturar a luz, pois suas antenas do fotossistema II são maiores, e também porque possuem menores taxas de luz saturada na fotossíntese por causa da reduzida quantidade de enzimas fotossintetizantes (KITAO, 2000).

Ao descrever esses efeitos da luz, é importante relacioná-los aos pigmentos fotorreceptores, como os fitocromos (PHY). Os PHYs são capazes de absorver a luz vermelha (V) e a luz vermelho-extremo (VE) (picos máximos de absorção entre 650-680 e 710-740 nm, respectivamente) constituintes do espectro visível e têm a função de controlar várias respostas adaptativas, tais como a germinação das sementes, o alongamento do caule, a expansão foliar e a época de floração (MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2014). Os fitocromos vermelho e vermelho-extremo desempenham papel predominante no controle da síndrome de evitação à sombra (SES), especialmente em condições de "ameaça de vizinho", quando a baixa relação V / VE ocorre sem redução da radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

Os autores Keuskamp et al. (2011), Hornitschek et al. (2012) Tiansawat e Dalling (2013) descrevem a ação dos fitocromos em condições naturais, ou seja, mudas desenvolvidas sob o dossel de florestas. Nessas condições, as plantas podem apresentar sensibilidade à sombra da vegetação vizinha e exibir resposta de desenvolvimento baseada na "SES" para se adaptar a essa situação potencialmente ameaçadora (HORNITSCHEK et al., 2012).

Assim, é de grande importância o conhecimento das reações fisiológicas de cada espécie, a variação adaptativa das mudas sob diferentes regimes de luz, juntamente com os seus efeitos sobre as características

fisiológicas é documentada por vários autores (ARANDA et al., 2005; SANTOS et al., 2012; GONÇALVES et al., 2012; ALMEIDA et al., 2015; DALMOLIN et al., 2015;). No entanto, sobre as espécies em questão, guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina, poucos trabalhos descrevem os efeitos da restrição luminosa nessas espécies.

2.2. Qualidade de mudas

Os maiores esforços na produção de mudas com alta qualidade estão relacionados aos conhecimentos sobre a restrição luminosa. De acordo com Lima et al. (2015), para se alcançar um sucesso, novas técnicas devem ser testadas na produção de mudas em viveiros, visando à melhoria da sua qualidade para maior resistência ao estresse no campo.

Tanto as características morfológicas, que se baseiam nas aparências fenotípicas, quanto fisiológicas, baseadas nos aspectos internos da muda, são variáveis determinantes na qualificação das plântulas. Para Eloy et al. (2013), as características fisiológicas são menos utilizadas na determinação de qualidade de mudas, isso porque as características morfológicas ainda possuem maior aceitação dos viveiristas.

Os parâmetros morfológicos, apesar de serem os mais utilizados na qualificação de mudas, apresentam algumas desvantagens. Entre elas estão à falta de conclusões específicas do momento ideal da retirada das mudas do viveiro e o fato de que esses parâmetros morfológicos são empregados isoladamente. Quando um padrão de qualidade se baseia em poucas variáveis, enfraquece as recomendações, de acordo com Valadão et al. (2014).

Quando se trata de altura da muda sem a junção como os parâmetros fisiológicos, teor de nutrientes, por exemplo, não se obtém uma resposta precisa do que realmente ocasionou o excesso ou a falta de crescimento (MULA, 2011). Sendo assim, a qualidade das mudas é de suma importância para que se alcance o sucesso de qualquer atividade que envolva o plantio de mudas. Os parâmetros morfológicos e fisiológicos precisam atuar de forma conjunta na qualificação das mudas, visando à maior credibilidade das qualificações.

2.3. Efeito do sombreamento nas mudas das espécies avaliadas

Sobre as espécies que este estudo foi baseado ainda não se têm muitas informações de seus comportamentos quanto à ação da luz. E que poucos autores abordaram a respeito disso, tais como Lima et al. (2008) e Santos et al. (2013), para mudas de pau-ferro; Caron et al. (2010), para mudas de guapuruvu; Fanti e Perez (2003), para mudas de tento carolina. No entanto, para as mudas de jacarandá mimoso ainda não foram realizados estudos sobre o comportamento dessa espécie quanto à luz.

Lima et al. (2008), avaliando mudas de pau-ferro em pleno sol, sob sombreamento de 50% e 70%, e sob sombra natural em dossel fechado de floresta, concluíram que ocorre um comportamento singular quanto à altura das mudas. Eles afirmaram que as mudas mantidas a pleno sol atingiram as maiores alturas, não ocorrendo estiolamento em nenhum tratamento.

No entanto, Santos et al. (2013), verificando a qualidade de mudas de pau-ferro produzidas em diferentes substratos e condições de luz, constataram maiores índices de crescimento em altura em sombreamento de 50%, independentemente do substrato utilizado.

Quanto à altura das mudas de guapuruvu, Caron et al. (2010), avaliando o crescimento em viveiro de mudas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. submetidas a níveis de sombreamento, observaram comportamento de crescimento em altura, e, pelo modelo apresentado, há tendência de incremento conforme o aumento dos níveis de sombreamento. Fanti e Perez (2003), estudando a influência do sombreamento artificial e da adubação química na produção de mudas de *Adenantha pavonina* L., verificaram maiores valores para as plantas cultivadas a pleno sol.

Quanto ao diâmetro do colo para as mudas de pau-ferro, Lima et al. (2008) encontraram variação entre os tratamentos. No trabalho desses autores, observou-se uma disposição de redução com o acréscimo de sombra. Santos et al. (2013) afirmaram que, para o diâmetro do coleto, não foi encontrada diferença estatística significativa mediante os diferentes níveis de luminosidade. Caron et al. (2010) também descreveram que não foi notada diferença para esta variável, diâmetro do colo, nas mudas de guapuruvu.

Quanto à razão altura/diâmetro do colo, Lima et al. (2008) relataram que as mudas sob 70% de sombra apresentaram razões maiores que as

demais, e a pleno sol para esta característica foram notados os menores valores. Santos et al. (2013) descreveram uma similaridade de reações para a mesma característica, relação altura/diâmetro, em que as mudas mais sombreadas obtiveram maiores valores.

Para a variável área foliar, conforme Lima et al. (2008), os maiores valores foram percebidos em mudas cultivadas sob sombreamento. Quando os níveis de sombreamento foram aumentando, houve tendência de aumento para a área foliar, não mostrando diferença entre 50% e 70% de sombreamento. De igual forma, as mudas cultivadas a pleno sol por Santos et al. (2013) possuíram os menores valores de área foliar e os maiores valores na condição de sombra, sob 50% de sombreamento. Nas mudas de tento carolina, a área foliar obtida a pleno sol foi maior em comparação com as mudas cultivadas sob sombreamento, afirma Fanti e Perez (2003).

O número de folhas tendeu a diminuir quando as mudas estavam sendo conduzidas em sombra (LIMA et al., 2008). As mudas de guapuruvu apresentaram comportamento distinto das mudas de pau-ferro, em que o número de folhas não foi influenciado pelos níveis de sombreamento de acordo com as análises da variância (CARON et al., 2010).

Quanto à característica massa seca total, de acordo com Lima et al. (2008) e Santos et al. (2013), as plantas que foram cultivadas em sombra demonstraram os menores valores estimados. Quanto às mudas de guapuruvu, o comportamento para essa característica não apresentou diferença significativa aos níveis de sombreamento (CARON et al., 2010). Fanti e Perez (2003) atestaram, para as mudas de tento carolina, uma maior produção de biomassa em condições de alta luminosidade.

Lima et al. (2008), avaliando a variável taxa assimilatória líquida, asseguraram que a pleno sol, ambiente com maior índice luminoso, as plântulas da espécie *C. ferrea* expuseram as maiores estimativas.

O índice de qualidade de Dickson, em mudas de pau-ferro, destacou-se no experimento montado a pleno sol (SANTOS et al., 2013). Eles relataram que existiram alterações significativas para essa variável, em que as médias estimadas foram maiores que o valor mínimo (0,20), caracterizando melhores qualidades das mudas plantadas em pleno sol.

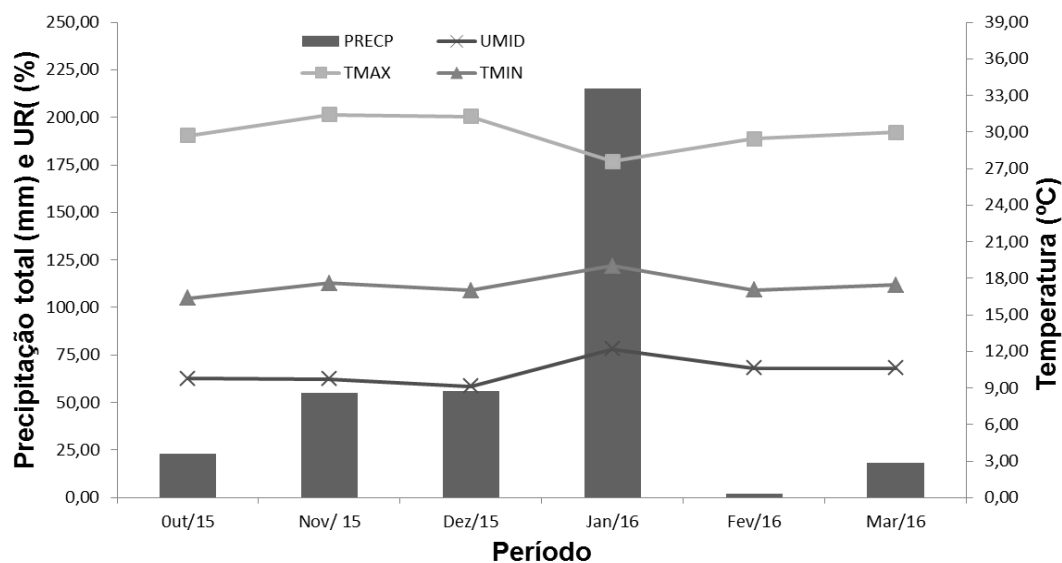
Em relação às mudas de jacarandá mimoso, não foram encontrados artigos que descrevam o comportamento dessa espécie em condição de sombreamento. No entanto, mudas de Ipês (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose. e *Handroanthus ochraceus* (Vahl) S.O. Grose.), que pertencem à mesma família, foram avaliadas quanto ao comportamento mediante as alterações de níveis de sombreamento pelos autores Sabino et al. (2016). As mudas de *H. ochraceus* e *H. serratifolius*, apesar de não ter havido diferença estatística para nenhuma variável a ser mencionada, apresentaram, ao fim do experimento de Sabino et al. (2016), os maiores valores de altura e diâmetro a pleno sol. Esses autores notaram ainda que as mudas produzidas a pleno sol apresentaram maiores médias estimadas para a variável número de folhas. Para a característica teor de clorofila, as mudas de *H. ochraceus* apresentaram as maiores médias em telas de 80% de sombra, e as mudas de *H. serratifolius* apresentaram um comportamento contrário quanto ao teor de clorofila, em que as maiores médias foram percebidas a pleno sol.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição do local de experimento

Este trabalho foi realizado em telados de polietileno, com níveis de sombreamento de 20%, 40%, 60% e a pleno sol, considerado 0% de sombreamento (testemunha), no período de novembro de 2015 a abril de 2016, no campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, BA, localizado nas coordenadas 14°52'51.24" S, -40°47'32.36"W.

O município de Vitória da Conquista, segundo a classificação de Köppen, possui clima classificado como tropical de altitude (Cwa), com altitude em torno de 1.000 m, segundo Jesus (2010). A média anual da temperatura é de 21 °C e a precipitação média anual é de 717 mm (SEI, 2016), com maior ocorrência de chuva nos meses de novembro a março (AZEVEDO et al., 2015). Os dados climatológicos do período de condução do experimento encontram-se na Figura 1.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/Vitória da Conquista, Estado da Bahia (2016).

Figura 1. Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar e temperaturas máximas e mínimas no período de outubro/2015 a março/2016. Vitória da Conquista, BA, 2016.

3.2. Espécies avaliadas

Adenanthera pavonina L. pertence à família Fabaceae, sendo conhecida como tento carolina, falso-pau-brasil ou olho-de-dragão (FAROOQI et al., 2016). De rápido crescimento, é espécie pioneira, o que colabora no crescimento, debaixo de suas copas, de plantas arbóreas, arbustivas e trepadeiras intolerantes ao excesso de luz (FONSECA et al., 2003). Oriunda da Índia e da Malásia, foi trazida ao Brasil para a composição da arborização urbana e rural. Hoje é uma essência florestal de ocorrência comum no País, empregada no reflorestamento, no artesanato e na medicina popular (FANTI, 1997 In: OLIVEIRA, 2013 a). Segundo Rodrigues et al. (2009), essa espécie pode atingir de 15 a 20 m de altura. Suas árvores apresentam madeira de boa qualidade, com casca grossa levemente rachada e de coloração marrom clara tendendo para o cinza.

Schizolobium parahyba, popularmente conhecida como guapuruvu brasileiro, é encontrada na América Central, na floresta Amazônica, Andina e na Mata Atlântica, principalmente a partir do estado da Bahia a Santa Catarina (SABONARO e GALBIATTI, 2011). Pertence à família Fabaceae (TURCHETTO-ZOLET et al., 2012), e é uma espécie pioneira, que alcança incremento em altura em curtos períodos, se distribui amplamente em seus territórios de ocorrência, suas sementes são dispersas pelo vento e a polinização é zoocórica, principalmente por abelhas (FREIRE et al., 2007). A altura média está entre 20 e 30 m, com troncos que variam de 60 a 80 cm de diâmetro. As folhas podem ser classificadas como bipinadas compostas, de tamanho grande, entre 80 e 100 cm de comprimento, com pinas opostas que alternam entre 30 e 50, e um número de folíolos que varia de 40 a 60 por pina, os quais possuem um comprimento de 2 a 3 cm (IBF, 2016).

A espécie *Jacaranda mimosifolia* D. Don pertence à família Bignoniaceae (SOCOLOWSKI e TAKAKI, 2004; TERRA et al., 2007; MARTIN et al., 2015). É planta decídua a semidecídua, heliófila, pioneira, que ocorre em encostas rochosas da floresta latifoliada e transição para o cerrado (COSTA et al., 2011). Alguns nomes, como jacarandá mimoso ou Carobaguaçu, são comuns a esta espécie (OLIVEIRA, 2013 b). Para esse autor, a *J. mimosifolia*,

apesar de ser nativa da Argentina, Bolívia e Paraguai, ocorre comumente em Santa Catarina e em regiões temperadas e tropicais. As folhas são bipinadas e estão dispostas opostamente em uma haste. Estas são de forma elíptica a ovada. A folha possui de 10 a 25 cm de comprimento, com folíolos pequenos, glabros e de bordo serrado. Na folha há uma longa raque com cerca de 8 a 31 pares de pinas, muitas vezes irregulares arranjadas alternadamente. São aproximadamente 26 pares de folíolos sésseis em cada talo, exceto para o último folheto que é não pareado. Os folíolos medem cerca de seis milímetros de comprimento (BROWN, 2016; REYES, 2016). A árvore de Jacarandá pode apresentar até 15 m de altura, com madeira clara, de alta dureza, muito pesada, compacta e de longa durabilidade (REYES, 2016).

A espécie *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul, comumente conhecida como pau-ferro, pertence à família Fabaceae (GALLÃO et al., 2013). Segundo Biruel et al. (2007), o qual se baseia na classificação proposta por Kageyama e Gandara (2000), essa espécie é considerada pioneira antrópicas. Souza et al. (2010), Gallão et al. (2013) e Avelino et al. (2012) afirmaram que a *C. ferrea* é amplamente distribuída nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, onde também é conhecida como Jucá, a qual é semidecidual, com uma ampla dispersão e uma baixa densidade populacional. A espécie *C.ferrea* tem como principais características dendrológicas a presença de flores amarelas e brilhantes, pequenas, agrupadas em panícula terminal, possuindo um tamanho médio de 20 cm de comprimento. É uma espécie arbórea com altura de 20-30m (LORENZI, 2008). A casca é lisa e fina, de coloração esbranquiçada e manchas irregulares tendendo para cinza, folhagem verde intensa com folhas compostas pinadas, na presença de 5 (cinco) folíolos de até 20 cm e uma copa arredondada gerando um efeito decorativo natural (MOTA et al., 2012 a).

3.3. Coleta e seleção das sementes

As sementes foram coletadas em árvores localizadas no município de Vitória da Conquista, com base em características como porte, formação do tronco e da copa, e ausência de pragas e doenças. Foram escolhidas cinco árvores de cada espécie avaliada, segundo metodologia adaptada de Dias (2012), para melhor representatividade genética dos indivíduos coletados. As

sementes das espécies tento carolina, Jacarandá mimoso e pau-ferro foram coletadas diretamente das plantas, com ajuda de um podão, quando necessário, ou diretamente do chão. Para as sementes de guapuruvu, a coleta das sementes foi feita somente no chão. Posteriormente essas sementes foram encaminhadas para o Laboratório de Melhoramento e Produção Vegetal da UESB, em Vitória da Conquista, onde foram selecionadas com base no tamanho, ausência de perfurações no tegumento e coloração característica.

3.4. Quebra de dormência

Para as sementes de tento carolina, guapuruvu e pau-ferro, que possuem impermeabilidade tegumentar, foi feita a quebra da dormência por escarificação mecânica (SOUZA et al., 2012; PELAZZA et al., 2011), com lixa de papel com granulometria de 80, conforme Pelazza et al. (2011). Para as sementes de jacarandá mimoso, não foi feito nenhum tratamento de quebra de dormência.

A assepsia das sementes foi realizada imergindo-as em solução de hipoclorito de sódio a 5%, durante cinco minutos, lavando-as, em seguida, com água destilada conforme Cunha et al. (2005).

3.5. Condução do experimento

O experimento teve o início em novembro de 2014 e finalização em março de 2015. As sementes, após a quebra de dormência, foram semeadas em sacolas plásticas com capacidade volumétrica de 3.750 cm³ (25 cm x 15 cm x 10 cm). Foram utilizadas três sementes em cada sacola plástica.

As sacolas plásticas foram preenchidas com terra de subsolo, para evitar a contaminação do substrato com restos de outras culturas. Esse solo foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, típico de textura franco argilo arenosa. A análise de solo apresentou: pH em água (1:2,5): 5,4; P: 2,0 mg dm⁻³ (Extrator Mehlich⁻¹); K⁺: 0,17 cmol_c dm⁻³ (Extrator Mehlich⁻¹); Ca²⁺: 1,1 cmol_c.dm⁻³ (Extrator KCl 1mol L⁻¹); Mg²⁺: 0,6 cmol_c dm⁻³ (Extrator KCl 1mol L⁻¹); Al³⁺: 0,2 cmol_c dm⁻³ (Extrator KCl 1mol L⁻¹); H⁺: 2,0 cmol_c dm⁻³ (Extrator Solução SMP, pH 7,5 a 7,6); Soma de Bases: 1,9 cmol_c dm⁻³; CTC efetiva: 2,1 cmol_c

dm^{-3} ; CTC a pH 7,0: $4,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Saturação por bases (V): 46%; Saturação por alumínio (m): 10%.

Para adubação orgânica, foi utilizado esterco animal (120 g por sacola, correspondente a 10 t/ha), e a adubação química do solo foi feita segundo Ribeiro et al. (1999). Foi acrescentado 50 g/m^3 de nitrogênio (250 g de sulfato de amônio) e 1,0 e $0,15 \text{ kg/m}^3$ de P_2O_5 e de K_2O (5 e $0,25 \text{ kg/m}^3$ de superfosfato simples e de cloreto de potássio) segundo Ribeiro et al. (1999).

Para a irrigação foram adotadas regas diárias. Essas regas foram feitas com regador com capacidade de 10 litros. Para cada experimento foram utilizados 40 litros de água por dia, exceto em dias com chuva, medidos com o próprio regador, o que dá uma média de 0,33 litros por sacola plástica.

3.6. Características avaliadas

Ao final de 120 dias após o plantio foram realizadas as seguintes avaliações:

- a) **Altura da parte aérea (H)**: medida (em cm) do solo ao topo superior das mudas com auxílio de uma régua ao final do experimento;
- b) **Diâmetro do colo (DC)**: medido (em mm) com auxílio de paquímetro, ao final do experimento;
- c) **Relação altura por diâmetro (H/DC)**: determinada por meio da divisão dos valores de altura pelos valores de diâmetro;
- d) **Número de folhas (NF)**: determinado por contagem ao final do experimento;
- e) **Área foliar total (AF)**: Avaliadas em de todas as folhas de cada muda ao final do experimento, com o equipamento LI-COR (modelo LI-310). Os valores foram obtidos em cm^2 ;
- f) **Número de dobras radiciais (NDR)**: determinado aos 120 dias após a semeadura. Foi retirado substrato com o auxílio de água corrente, sendo feita, então, a contagem manual.
- g) **Comprimento total da raiz (CR)**: após a análise de NDR as raízes foram dispostas sobre uma bancada e medidas (em cm) com o auxílio de uma régua.

h) Comprimento da raiz pivotante (CP): para essa característica foi medido (em cm) apenas o valor equivalente a pivotante, ou seja, do colo da muda até a ponta final da pivotante.

i) Massa seca da parte aérea (MSPA): após pesagem da matéria fresca da parte aérea as amostras foram submetidas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. O tempo de permanência na estufa foi de 24 a 72 horas, observando sempre a secagem completa para estabilização do peso. Após esse procedimento o material foi pesado. Os valores foram obtidos em gramas (g);

j) Massa seca das raízes (MSR): Seguindo o mesmo processo de secagem foram pesadas as raízes em balança de precisão; Os valores foram obtidos em gramas (g);

k) Massa seca total (MST): Foi feita a soma do peso (g) da matéria seca da parte aérea e da parte radicial. Utilizando a fórmula:

$$MST = MSPA + MSR$$

Onde:

- MST = Peso de matéria seca total;
- MSPA = Peso de matéria seca da parte aérea;
- MSR= Peso de matéria seca do sistema radicial.

l) Índice SPAD: determinado aos 120 dias após a semeadura em folhas fisiologicamente maduras localizadas no terço médio superior das mudas. Foi utilizado um clorofilômetro portátil, Spad 502, Minolta, Japão;

m) Índice de qualidade Dickson (IQD): calculado com base na seguinte fórmula (DICKSON et al. 1960):

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}}$$

Onde:

- IQD = Índice de qualidade Dickson;
- MST = Massa seca total;
- MSPA= Massa seca da parte aérea;
- MSR= Massa seca das raízes;
- H= Altura da parte aérea;
- DC= Diâmetro de colo.

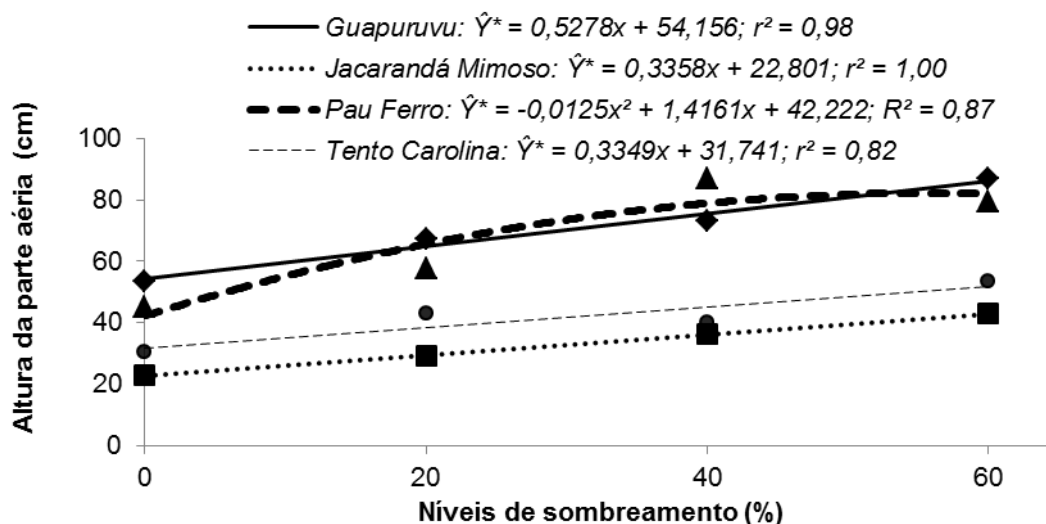
n) Taxas de trocas gasosas foliares: avaliada na primeira folha totalmente expandida, no sentido basípeto da planta. Foram determinadas a taxa fotossintética potencial líquida (A), a transpiração (E), a condutância estomática (Gs), o uso eficiente da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/Gs) e a concentração interna de carbono (Ci), com uso de sistema portátil de análise de gases por infravermelho (IRGA), modelo LCpro, ADC Bio Scientific Ltd. UK. O IRGA foi acoplado a uma fonte artificial de luz para projetar, sobre a superfície da folha, uma irradiância de $1.100 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. As medições foram realizadas entre 8-11 horas.

3.7. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de regressão, e os modelos, escolhidos com base no teste F, a 5% de probabilidade, no valor do coeficiente de determinação e na adequação ao fenômeno estudado, utilizando-se plataforma estatística SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas) versão 9.1 (RIBEIRO JÚNIOR, 2004).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as mudas das quatro espécies avaliadas, foi verificado aumento em altura nos ambientes sombreados, sendo definida tendência linear para o guapuruvu, jacarandá e tento carolina e quadrática para o pau-ferro.



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 2 – Estimativa de altura parte aérea de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

A restrição de luz é um importante fator que estimula o alongamento de plantas, principalmente quando essas são conduzidas em sistema de produção de mudas. Para a família Fabaceae, foram realizados muitos estudos que corroboram esse fato, conforme documentado para *Piptadenia stipulacea* (Benth.) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) (FERREIRA et al., 2012), *Pterogyne nitens* Tull (CÉSAR et al., 2014), *Cassia grandis* L. (LEAL et al., 2015) e *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth (PINTO et al., 2016).

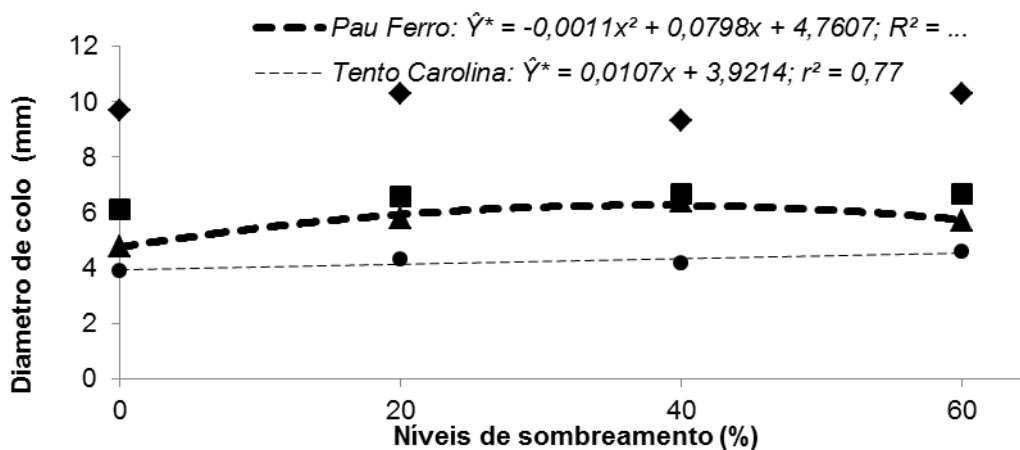
Para mudas, Leal et al. (2015) verificaram maiores valores de altura de *C. grandis* cultivadas em ambientes sombreados. Entretanto, as variações de grandezas que ocorrem na relação entre a altura e níveis de sombreamento entre as diversas espécies devem ser consideradas.

Para *Pipitadenia nitens*, César et al. (2014) relataram que a altura máxima foi verificada quando as plantas foram mantidas sob 70% de restrição luminosa. Maior altura de *P. stipulacea* foi verificada em ambiente com 90% de sombra; para *Adenantha colubrina*, a maior altura foi observada em 70% de sombreamento (FERREIRA et al., 2012).

Para a altura de mudas de pau-ferro, Lenhard et al. (2013), Santos et al. (2013) e Gomes (2014) relataram que os maiores valores foram verificados em ambientes com 50% de sombreamento. Entretanto, para mudas de *Schylozobium parahyba*, Caron et al. (2010) verificaram, aos 90 dias após plantio, que os incrementos de altura foram mantidos até 70% de sombreamento. Frigotto et al. (2015) verificaram maior altura para mudas de *Schylozobium amazonicum* conduzidas em ambiente com 75% de sombreamento em relação àquelas mantidas em pleno sol.

A restrição de luz pode proporcionar aumento na altura das mudas, como visto neste estudo e citados anteriormente por outros autores, por causa de maiores alocações de biomassa para a parte aérea em detrimento da parte radicial. De acordo com Li et al. (2012), a proteína fator de interação fitocromo 7 (PIF7) é a peça responsável em fazer a ligação entre a quantidade de luz receptada pelos sensores celulares de luz de uma planta com o acréscimo do hormônio que regula o alongamento das plantas, a auxina.

Para a relação entre diâmetro de colo (DC) e os níveis de sombreamento das espécies pau-ferro e tento carolina foi verificada tendência semelhante ao observado para a altura, sendo definido modelo linear para a tento carolina e quadrático para o pau-ferro (Figura 3). Para as duas espécies, todos os níveis de restrição de luz foram relacionados a valores de DC superior à condição de pleno sol.



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 3 - Estimativa de diâmetro de colo de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

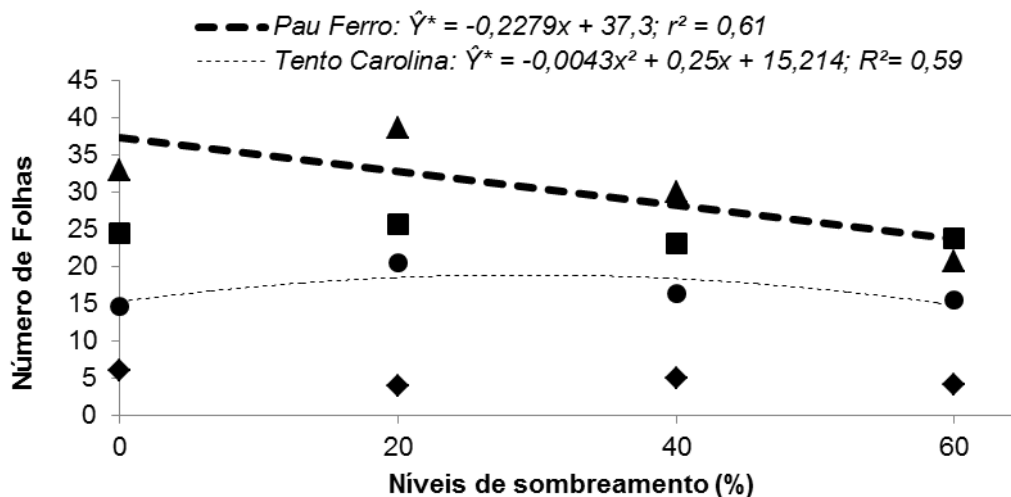
De acordo com Aguiar et al. (2011), o crescimento do diâmetro do colo é dependente da atividade cambial, sendo estimulado por carboidratos produzidos na fotossíntese e por hormônios presentes no tecido cambial. Desse modo, o diâmetro do colo é considerado como indicativo da capacidade de assimilação líquida de fotoassimilados pela planta.

Conforme Valladares et al. (2012), os incrementos do diâmetro de colo estão diretamente relacionados à tolerância a condição de sombra. Desse modo, embora maior incremento tenha sido condicionado pelos níveis de sombreamento para o pau-ferro, para as mudas de tento carolina, a elevação de DC foi constante até 60% de restrição de luz. Enquanto que para as mudas de pau-ferro o valor máximo de DC foi a 39% de sombreamento.

Assim como no estudo em questão, Lenhard et al. (2013) e Oliveira et al. (2015) afirmam que o diâmetro das mudas de pau-ferro foram maiores nas mudas desenvolvidas sob 50% de sombreamento, apresentando uma diminuição deste valor quando submetidas a 70% de sombreamento, sendo os menores valores foram a pleno sol.

Para o número de folhas (NF) da espécie pau-ferro, foi verificada redução em todo o gradiente de sombra, sendo definido o modelo linear, atingindo em 60% de restrição de luz, um valor 36,7% inferior à condição de pleno sol (23,63 folhas). Para tento carolina, foi definido o modelo quadrático, com acréscimos de NF até 29,1% de sombreamento, atingindo o NF máximo

de 18,8 folhas (correspondente à 23,5% de acréscimo em relação à condição de pleno sol), seguido de decréscimo até 60% de restrição de luz (Figura 4).



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 4 - Estimativa de número de folhas das mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

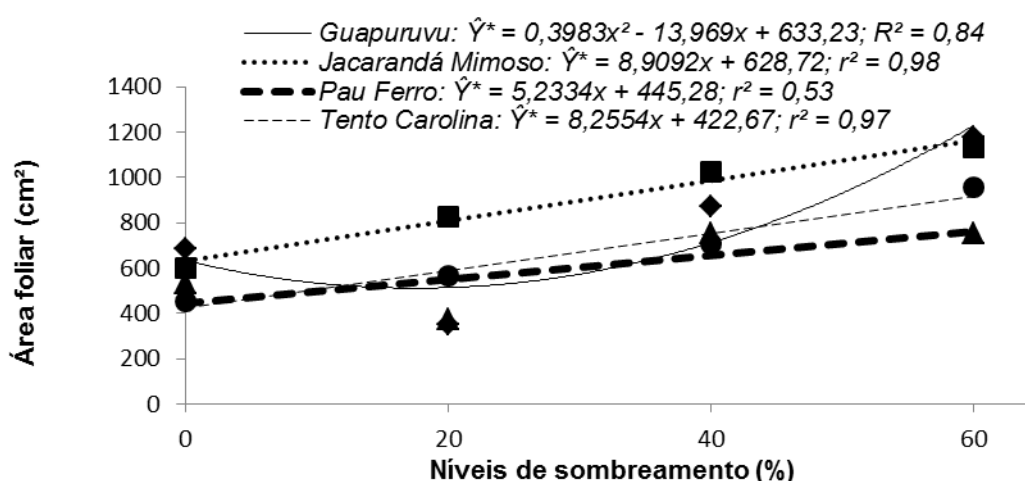
De acordo com Valladares e Niinemets (2008), a tolerância ao sombreamento é um processo complexo, que envolve fatores como duração da estação de crescimento interação entre a restrição de luz e os diversos tipos de estresses que ocorrem em um determinado ambiente. Desse modo, a relação entre o número de folhas e os níveis de sombreamento tem diversas configurações, sendo determinadas pelas diferentes estratégias de sobrevivência das espécies arbóreas.

Para *P. stipulacea*, o número de folhas aumentou com a elevação do sombreamento (FERREIRA et al., 2012). Em mudas de madeira nova o maior número de folhas ocorreu em plantas mantidas em ambientes com 30% de sombreamento, com tendência a diminuir, em níveis de sombra mais intensos para (CÉSAR et al., 2014).

Para mudas de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) (SCHOCK et al., 2014) e das espécies *Caesalpinia férrea* e *Caesalpinia echinata* Lam. e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, o maior número de folhas foi observado em plantas submetidas à condição de pleno sol (LIMA et al., 2008; AGUIAR et al., 2011; SANTOS et al., 2010). O aumento do número de folhas está associado à formação de uma copa mais densa (KÖRNER, 2005).

Embora o conceito de que o nível de organização da parte aérea das árvores tolerantes ao sombreamento seja um fator determinante para a eficiência da absorção de luz, outros fatores relacionados à eficiência em processos fotoquímicos devem ser considerados (VALLADARES e NIINEMETS, 2007).

Todas as espécies analisadas neste trabalho apresentaram maior crescimento em AF quando submetidas a maiores índices de sombreamento, caracterizado pelo modelo linear para as mudas de tento carolina, jacarandá mimoso e pau-ferro e modelo quadrático para a guapuruvu (Figura 5).



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 5 – Estimativa da área foliar de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

Para guapuruvu, inicialmente houve decréscimos de área foliar em relação à condição de pleno sol até 17,54% de sombreamento (510,72 cm²) seguido de acréscimos até 60% de sombreamento (1228,61 cm²). Em níveis superiores a 35,07% de restrição de luz, a área foliar da parte aérea manteve-se superior a condição de pleno sol.

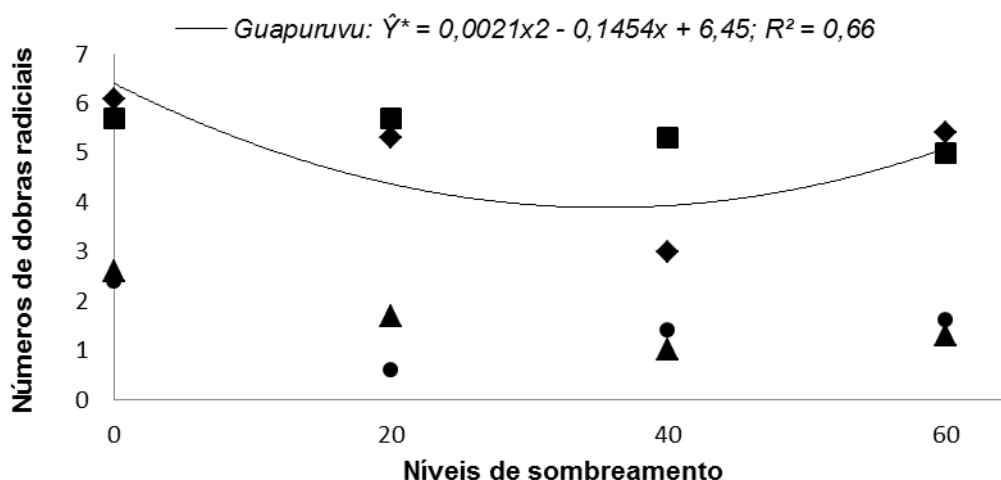
Essa redução inicial pode ser associada à interação entre dois efeitos condicionados pelo sombreamento à área foliar individual: redução do número de folhas e aumento da área foliar. Níveis até 35,07% de sombreamento foram efetivos para reduzir o número de folhas, mas não foram suficientes para estimular o aumento da área foliar individual. Com a elevação dos níveis de

sombreamento, o estímulo necessário para a expansão do limbo foliar foi manifestada, sendo elevada a área foliar total da parte aérea (Figura 5).

De acordo com Valladares e Niinemets (2008), a elevação da área foliar da parte aérea é uma característica da tolerância ao sombreamento. Quando as plântulas são mantidas sob condições de pouca luz, a função ecológica de estimular à expansão do limbo foliar eleva a capacidade de absorção de luz, fator limitante para o crescimento e fotossíntese (TEIXEIRA et al., 2013).

A maior superfície de área foliar de plantas mantidas sob sombreamento foi verificada em mudas de *Dipteryx alata* Vog. (MOTA et al. 2012 b), *Mimosa caesalpiniiifolia* (PINTO et al., 2016) e mudas de pau-ferro (LENHARD et al., 2013) .

As dobras radiciais (NDR) foram observadas apenas nas mudas de guapuruvu, sendo definida para a relação desta característica com os níveis de sombreamento a tendência quadrática (Figura 6). Os maiores valores para a característica dobras radiciais foram observados nas plantas cultivadas a pleno sol (6,45 dobras), e as menores estimativas ocorreram no sombreamento de 43,62% (3,93 dobras), sendo 64,12% menor em relação às mudas mantidas a pleno sol (Figura 6).



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

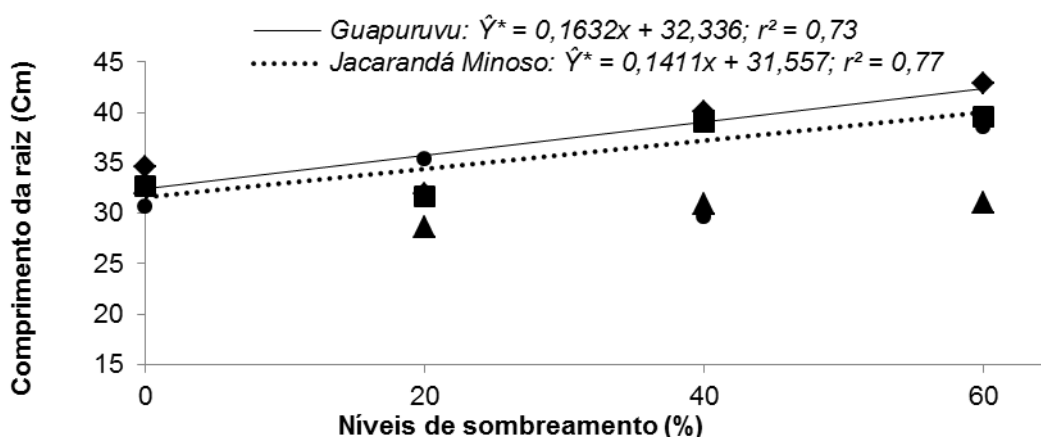
Figura 6 – Estimativa do número de dobras radiciais de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

As dobras radiciais ocorrem quando as raízes laterais tocam as paredes laterais do vaso, ou do recipiente. Esse toque direciona a raiz para baixo,

formando um ângulo, que é caracterizado como uma dobra (GRABIAS, 2014). Esse comportamento também pode ocorrer com a raiz pivotante ao tocar o fundo do recipiente. As dobras ocorrem em recipientes onde as raízes são estimuladas a se desenvolver com maior vigor, aumentando o valor de NDR.

Para as plantas de guapuruvu, o sombreamento restringiu o número de dobras das raízes, sendo relacionado à redução do vigor de crescimento radicular. O maior direcionamento dos fotoassimilados para a parte aérea em detrimento do acúmulo de massa das raízes é uma característica de tolerância ao sombreamento. Entretanto, alterações na morfologia radicular como elevação do número de raízes finas são condicionadas pelo sombreamento, favorecem a capacidade de absorção de água e nutriente, mesmo quando ocorre a redução de massa das raízes (VALLADARES e NIINEMETS, 2008). Mota et al. (2012 b) verificaram maior comprimento de raiz de *Dipteryx alata* aos 45 dias.

Quanto à relação entre o comprimento da raiz (CR) e os níveis de sombreamento, para as espécies guapuruvu e jacarandá mimoso foi definido modelo linear, sendo os maiores valores foram atribuídos aos maiores índices de sombreamento (Figura 7).



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 7 – Estimativa do comprimento da raiz de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

As mudas de guapuruvu mantiveram um crescimento de 0,1632 cm para cada aumento unitário de sombreamento (Figura 7). Quando as mudas foram submetidas a 60% de sombreamento, o CR foi de 42,1 cm. Este valor foi 30,3% maior do que as mudas a pleno sol. As mudas de jacarandá mimoso que foram

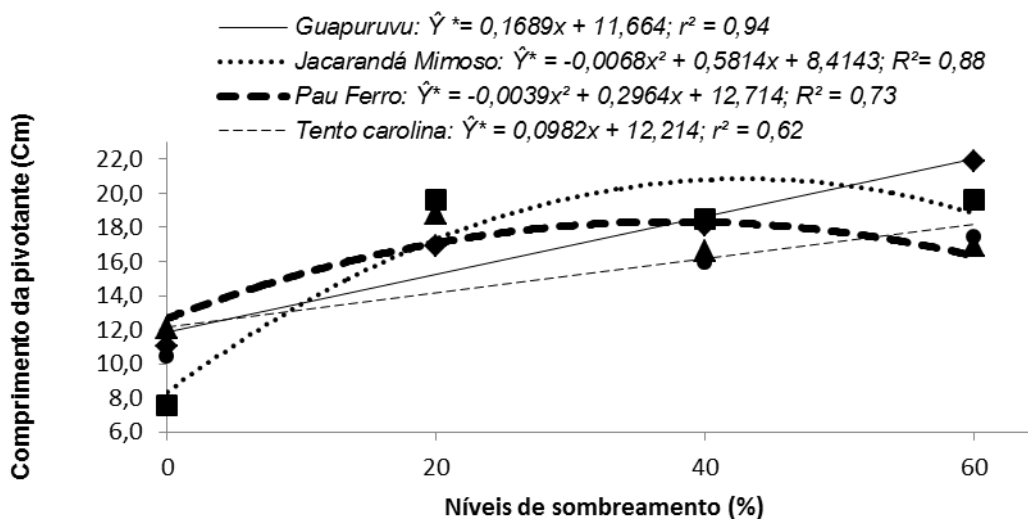
cultivadas a 60% de sombreamento foram maior 26,8% quando comparadas com as mudas a pleno sol. O crescimento da raiz foi maior 0,14 para cada 1% de aumento do nível de sombreamento, ao chegar em 60% de sombreamento o valor atingido 40 cm.

Santos et al. (2014) verificaram que as mudas de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb em condições de sombreamento apresentaram maior comprimento de raiz. O maior comprimento da raiz está associado à capacidade da planta em retirar mais nutrientes e água do solo. Fato este importante na para a sobrevivência das mudas no campo, pós-plantio.

Para a relação entre o comprimento da raiz pivotante (CP) e os níveis de sombreamento, as quatro espécies avaliadas apresentaram tendência de incremento em razão do aumento dos níveis de sombreamento (Figura 8). Para as mudas de guapuruvu e tento carolina, foi definida tendência linear, e para as mudas de Jacarandá mimoso e Pau-ferro, a relação entre o CP e os níveis de sombreamento foi definido o modelo quadrático.

Para todas essas espécies, o CP das mudas a pleno sol foi menor em comparação às mudas sombreadas, sendo os maiores valores estimados a 60% de sombra (Figura 8).

O CP das mudas de guapuruvu a pleno sol foi de 11,66 e para cada aumento unitário de sombreamento houve incremento de 0,17 cm. Ao chegar em 60% de sombreamento, foi atingido com valor de 21,8 cm, incremento 86,9% maior do que o observado a pleno sol (Figura 8).



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 8 – Estimativa comprimento da pivotante de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

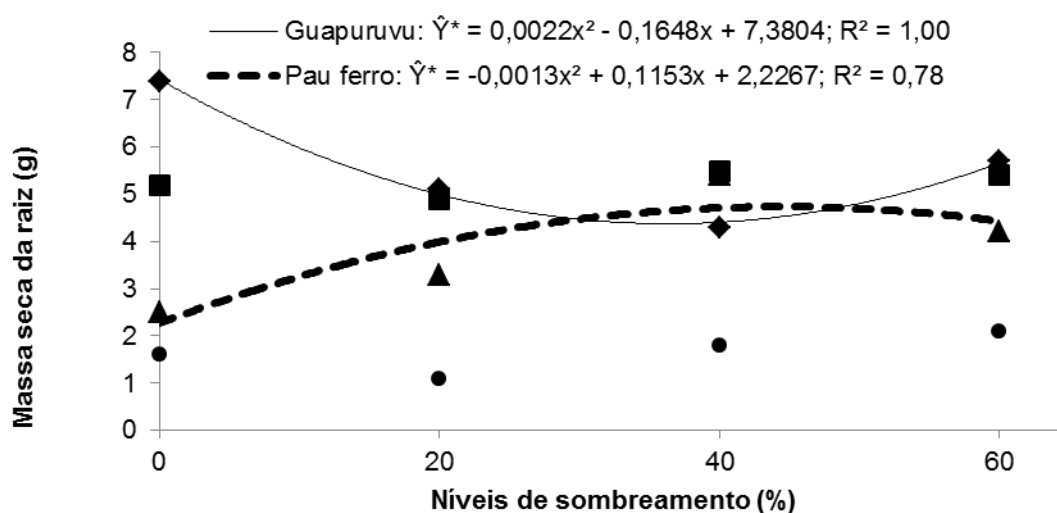
Para as mudas de jacarandá mimoso, de igual forma, foi definida tendência de aumento de CP com o incremento do sombreamento, sendo este efeito definido pelo modelo quadrático, estimando-se comprimento máximo de 20,8 cm, com sombreamento de 42,7% (Figura 8).

Nas mudas de pau-ferro, foi verificado o maior valor de CP (18,3 cm), para o nível de sombreamento de 38% (Figura 8). Assim como para as mudas de jacarandá mimoso, a relação entre CP e níveis de sombreamento foi melhor definido pelo modelo quadrático.

Para cada aumento unitário de sombreamento, foi observado um aumento de 0,09 cm para as mudas de tento carolina. Essas mudas apresentaram média no tratamento a pleno sol de 12,21 cm. A 60% de sombra essa média foi estimada em 18,11 cm, valor que foi 48,3% maior quando se compara com as mudas a pleno sol.

Silva et al. (2014) e Scalon et al. (2011) associaram esse efeito não ao fato isolado da luz, e sim à luz como agente de déficit hídrico e, conseqüentemente, maior acúmulo de massa da raiz para as mudas expostas a pleno sol. Sabe-se que esse acúmulo de massa seca é importante quando se diz respeito à qualificação das mudas.

Conforme explícito na figura 9, a relação entre a massa seca da raiz (MSR) e os níveis de sombreamento foi quantificada por uma tendência quadrática para a espécie guapuruvu e pau-ferro. Entretanto os efeitos do sombreamento foram contrastantes para as duas espécies: para guapuruvu ocorreu diminuição da MSR e para pau-ferro foi verificado aumento de MSR em resposta ao aumento do nível de sombreamento (Figura 9).



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

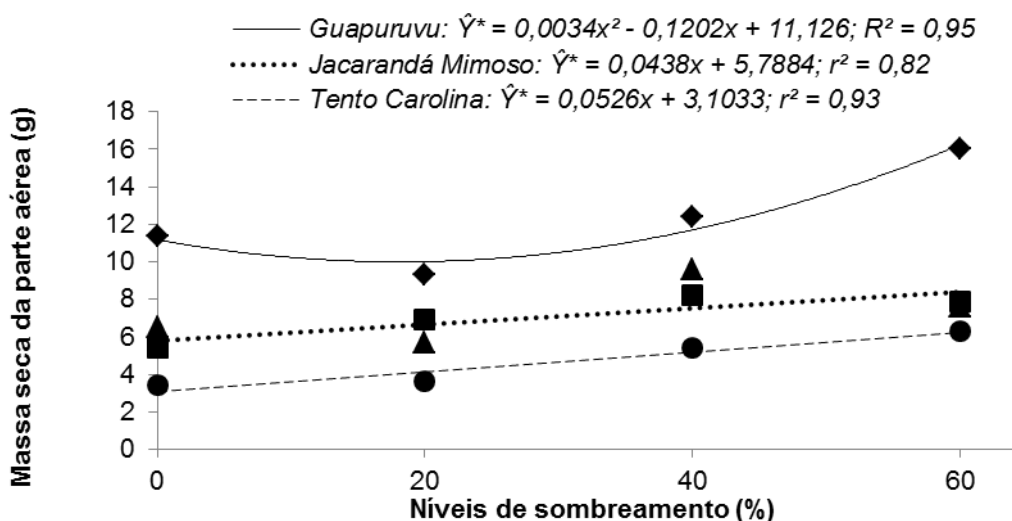
Figura 9 – Estimativa de massa seca da raiz de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

O efeito do sombreamento no potencial de acúmulo de massa radicular para mudas é controverso. Maior valor de massa seca de raízes de mudas de guapuruvu (CARON et al., 2010. LOPES et al., 2015) e *Campomanesia adamantium* (Cambess.) (AJALLA et al., 2014) foi verificado em condição de pleno sol. Para as espécies *Piptadenia stipulacea* e *Anadenanthera colubrina* (FERREIRA et al., 2012), baru (*Dipteryx alata* Vog.) (AJALLA et al., 2012) maior acréscimo de massa seca de raiz foi verificado nos ambientes sombreados em comparação às plantas mantidas a pleno sol.

Esse diferencial de efeitos do sombreamento no acúmulo de massa radicular das raízes entre as espécies pode ser associado ao potencial fotoquímico das folhas, relacionado ao ponto de compensação e saturação lumínica. A restrição de luz pode se constituir em um fator positivo para plantas que apresentem baixo ponto de compensação e saturação de luz, evitando processos de fotoxidação e fotoinibição.

Lenhard et al. (2013) verificaram maiores valores de massa seca radicular para mudas de pau-ferro mantidas sob 50% de sombreamento. Valores menores foram observados em condição de pleno sol e sombreamento de 70%, resultado semelhante ao observado neste trabalho. Dessa forma, em pleno sol e sob condição de 70% de sombreamento, condições de excesso ou restrição da radiação lumínica podem ter reduzido a capacidade de síntese de fotoassimilados.

Para a massa seca da parte aérea (MSPA) e os níveis de sombreamento e entre massa seca total (MST) e níveis de sombreamento para a espécie guapuruvu seguiu a tendência quadrática; para o jacarandá mimoso e tento carolina, foi verificada tendência linear (Figuras 10 e 11).



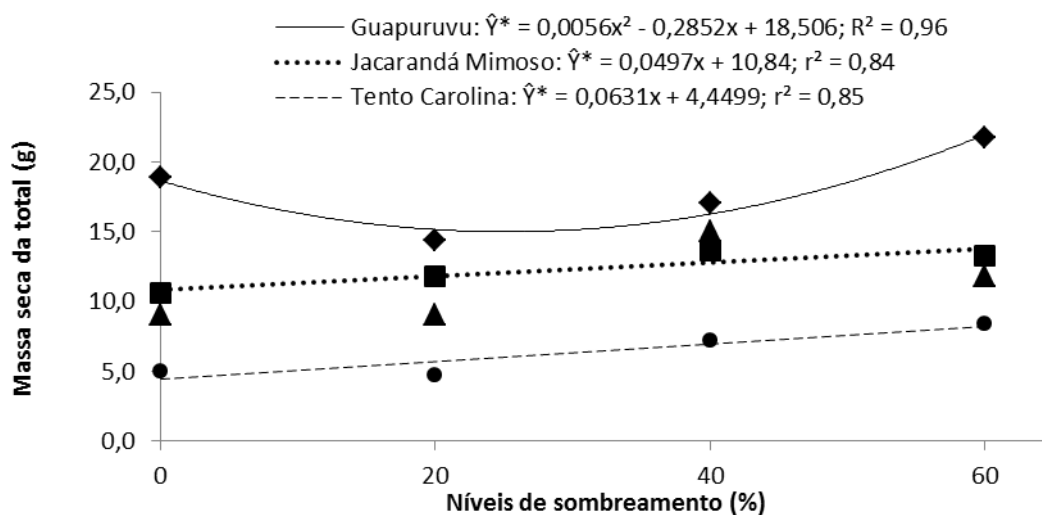
*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 10 – Estimativa de massa seca da parte aérea de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

A elevação do acúmulo de massa seca da parte aérea e da massa seca total da planta é observada em mudas de muitas espécies como guapuruvu (CARON et al., 2010), *Jacaratia spinosa* (Aubl.) (MARANA et al., 2015) *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (PINTO et al., 2016) e *Jacaranda copaíba* (CAMPUS e UCHIDA, 2002).

A intensidade da restrição de luz pode interferir na interação entre efeitos morfológicos (aumento da área foliar) e bioquímicos (ativação enzimática e hormonal), constituindo fator de variação de efeitos do sombreamento no acúmulo de massa da parte aérea da planta. Para este

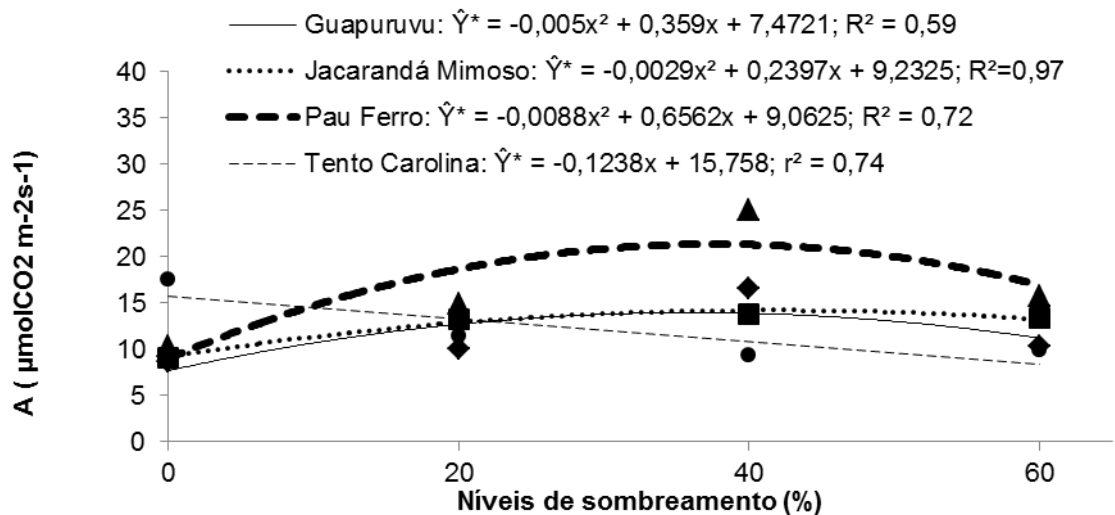
estudo, três das espécies apresentaram correlação com três índices avaliados, que foram o acúmulo de massa na parte aérea e os níveis de sombreamento (Figura 10); a massa seca total da planta e os níveis de sombreamento (Figura 11); e a área foliar da parte aérea (Figura 5). Esses índices apresentaram comportamentos semelhantes conforme o aumento do nível de sombreamento.



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 11 – Estimativa de massa seca da total de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina, conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

Para a relação entre fotossíntese líquida percentual (A) e níveis de sombreamento, foram observadas tendências quadráticas para guapuruvu, jacarandá mimoso e pau-ferro e tendência linear para as mudas de tento carolina (Figura 12).



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 12 – Estimativa de fotossíntese líquida de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tenta carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

Deve ser considerado que a avaliação da fotossíntese líquida potencial no presente estudo foi realizada a partir da utilização de uma fonte artificial de luz saturante de $1100\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Dessa forma, os resultados representam a capacidade potencial da fotossíntese líquida da folha avaliada, valor que difere da fotossíntese líquida real, determinada pela radiação do ambiente.

Quando uma folha condicionada a um ambiente sombreado é submetida a uma radiação saturante, como a utilizada nas avaliações do presente estudo, a fotossíntese potencial líquida é superior àquela determinada em folhas de plantas conduzidas em ambiente a pleno sol. Em plantas sombreadas, são desenvolvidos mecanismos morfológicos e metabólicos que visam otimizar a captura, assimilação e conversão da radiação luminosa, fato que não ocorre em plantas à pleno sol. É bastante conhecido o efeito “sunfleck”, no qual as folhas de plantas conduzidas em ambientes sombreadas estão aptas a ativar tais processos, quando pequenos flashes de luz atingem o dossel.

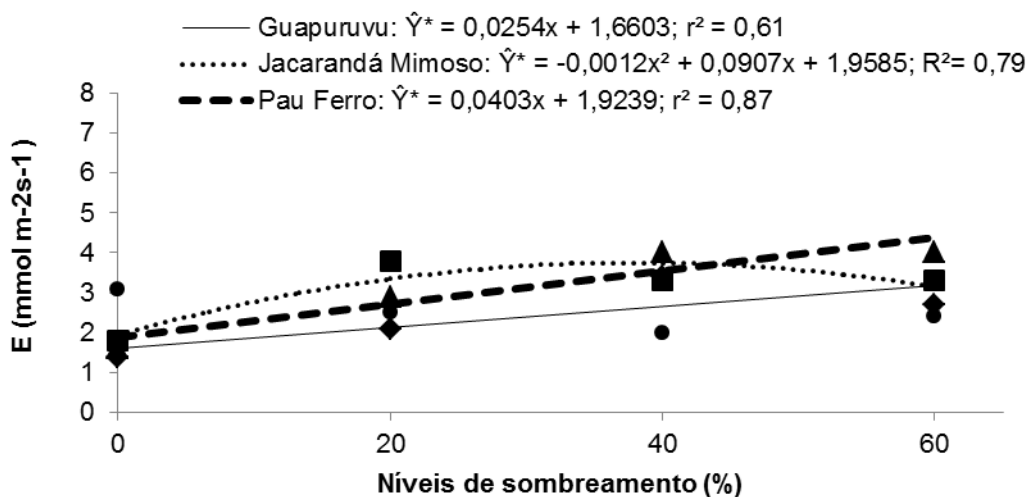
A diminuição da fotossíntese líquida em plantas submetidas ao sombreamento ocorre em mudas de diversas espécies como *Curatella americana* L. (DALMOLIN et al., 2015) e *Cupania vernalis* Camb. (JUNIOR et al., 2005) Deve ser observado que as citações acima trata-se de estudos em

que foi avaliada a fotossíntese líquida, sem a utilização de fonte de luz saturante.

Santos et al. (2012) verificaram maiores taxas de fotossíntese líquida potencial para mudas de *Protium heptaphyllum* March em ambientes mais sombreados, quando as avaliações foram realizadas com fonte de luz de 1600 $\mu\text{moles de f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

De acordo a Vieira et al. (2015), outra causa de redu\u00e7\u00e3o da efici\u00eancia fotossint\u00e9tica em ambientes com elevadas irradi\u00eancias s\u00e3o os poss\u00edveis danos no fotossistema II gerados por fatores como fotoinibi\u00e7\u00e3o. A fotoinibi\u00e7\u00e3o gera um aumento da temperatura na folha, resultando em eleva\u00e7\u00e3o do diferencial de press\u00e3o de vapor (DPV) e redu\u00e7\u00e3o da condutividade estom\u00e1tica, limitando as trocas gasosas (VEIRA et al., 2015).

Nas esp\u00e9cies guapuruvu, jacarand\u00e1 e pau-ferro, a rela\u00e7\u00e3o entre as taxas de transpira\u00e7\u00e3o e os n\u00edveis de sombreamento foi crescente, caracterizada pelo modelo quadr\u00e1ticos para guapuruvu e pau-ferro e linear para o jacarand\u00e1 mimoso (Figura 13).



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela an\u00e1lise de vari\u00e2ncia da Regress\u00e3o.

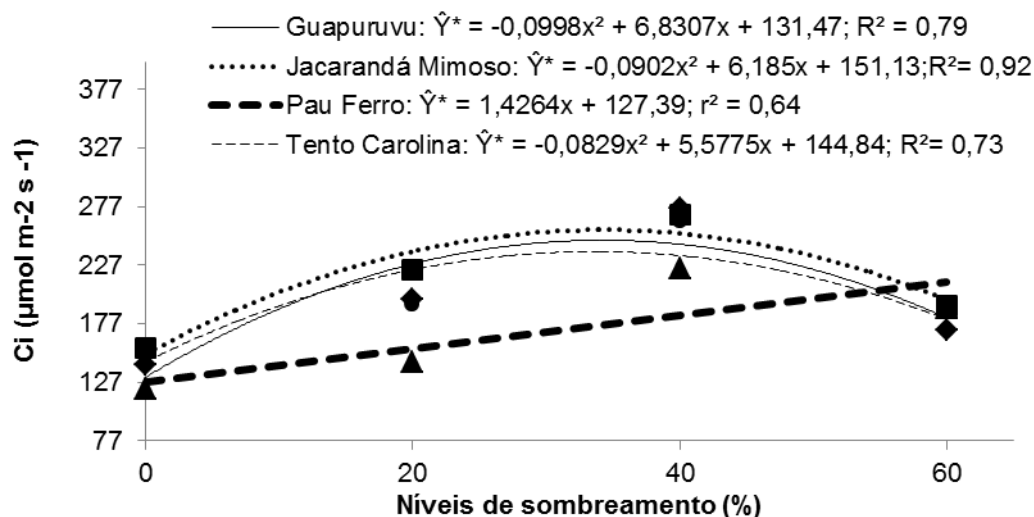
Figura 13 – Estimativa da transpira\u00e7\u00e3o de mudas das esp\u00e9cies guapuruvu, jacarand\u00e1 mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias ap\u00f3s plantio. Vit\u00f3ria da Conquista, BA, 2016.

Devido \u00e0 redu\u00e7\u00e3o da temperatura ambiente e da DPV entre a folha e a atmosfera, ocorre o aumento da condut\u00e2ncia estom\u00e1tica em condi\u00e7\u00e3o de sombreamento. Dessa forma, maiores taxas de transpira\u00e7\u00e3o foliar s\u00e3o

observadas em mudas de plantas conduzidas em ambiente sombreado, como espécies *A. aculeata* (DIAS, 2015), mogno (*Swietenia macrophylla*) (GONÇALVES et al., 2012) e guapuruvu (LOPES et al., 2015).

Para o presente estudo, entretanto, não foi verificada relação entre condutância estomática e os níveis de sombreamento. O maior comprimento das raízes de mudas sombreadas foi associado à elevação da condutividade hidráulica entre a raiz e a folha, reduzindo a DPV entre a folha e atmosfera e otimizando a abertura estomática.

Quanto à concentração interna de CO₂ (Ci) para todas as espécies avaliadas, houve uma tendência de incremento conforme o aumento no nível de sombreamento (Figura 14). Para três espécies, guapuruvu, jacarandá mimoso e tento carolina, essa tendência foi quadrática, e para a espécie pau-ferro foi linear. O ponto máximo da curva foi alcançado em 34,22% (com 248,33 μmol m⁻² s⁻¹), 34,36% (com 257,16 μmol m⁻² s⁻¹) e 33,64% (com 238,65 μmol m⁻² s⁻¹) para as mudas de guapuruvu, jacarandá mimoso e tento carolina, respectivamente. Sendo que esses valores foram mais bem representados por uma tendência quadrática.



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 14 – Estimativa de concentração interna de CO₂ de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

Já para as mudas de pau-ferro, os valores foram explicados com uma tendência linear e pode se afirmar que para cada aumento unitário de sombreamento houve um acréscimo de 1,4264 μmol m⁻² s⁻¹. Em 60% de

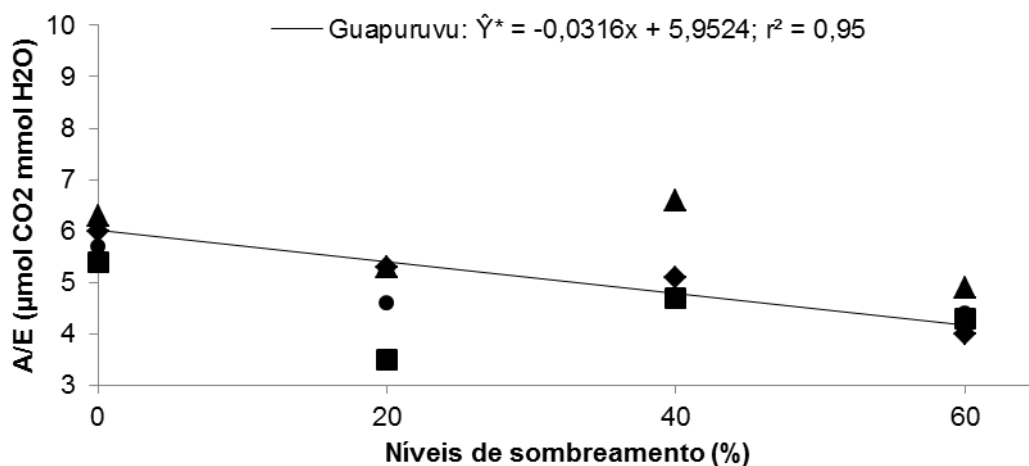
sombreamento a concentração interna de CO₂ foi de 212,97 μmol m⁻² s⁻¹. Esse valor foi 67,18% maior em relação ao que foi constatado a pleno sol.

Em porcentagem as espécies que apresentaram maior diferença de valores entre mudas a pleno sol e mudas sombreadas, para esta característica (Ci), foram às mudas de guapuruvu, e as menores diferenças ficaram com as mudas de tento carolina. A média estimada, em sombreamento, da espécie guapuruvu foram 88,89% maiores que as mudas produzidas a pleno sol, enquanto que para a espécie tento carolina essa diferença foi de 64,77%. Para as mudas de jacarandá mimoso, quando em ambientes sombreados, a diferença foi de 70,16% em relação às mudas dessas espécies que estavam a pleno sol.

Em similaridade a esses resultados, Santini (2015), estudando o efeito do alto sombreamento em café, notou que as folhas que foram sombreadas por outras apresentaram maior índice de Ci em relação as não sombreadas ao meio-dia. Esse comportamento de aumentar a concentração interna de CO₂ é um efeito esperado para as plantas em ambientes sombreados. Silva et al. (2013), em estudos com plantas de girassol, afirmam que na sombra houve maior concentração interna de CO₂, assim como ocorrido com as mudas arbóreas aqui testadas.

Os dados desse estudo comprovam o que foi relatado por Dalmolin et al. (2015), elas também não notaram nenhuma diminuição de concentração interna de CO₂ em mudas de *C. americana* em ambientes de sombra, mesmo com a redução significativa da condutância estomáticas (gs). As mudas, de forma geral, com maior concentração interna de CO₂ apresentam mais tendências de crescimento. Scalon e Mussury (2013) afirmam que, entre outros fatores (como a energia luminosa, o calor, e a umidade do solo), a concentração de CO₂ afeta a atividade fotossintética, logo o desenvolvimento das plantas é afetado.

Para a espécie guapuruvu, na relação entre a eficiência instantânea no uso da água (A/E) e os níveis de sombreamento, houve tendência linear de queda conforme o aumento no nível de sombreamento (Figura 15).



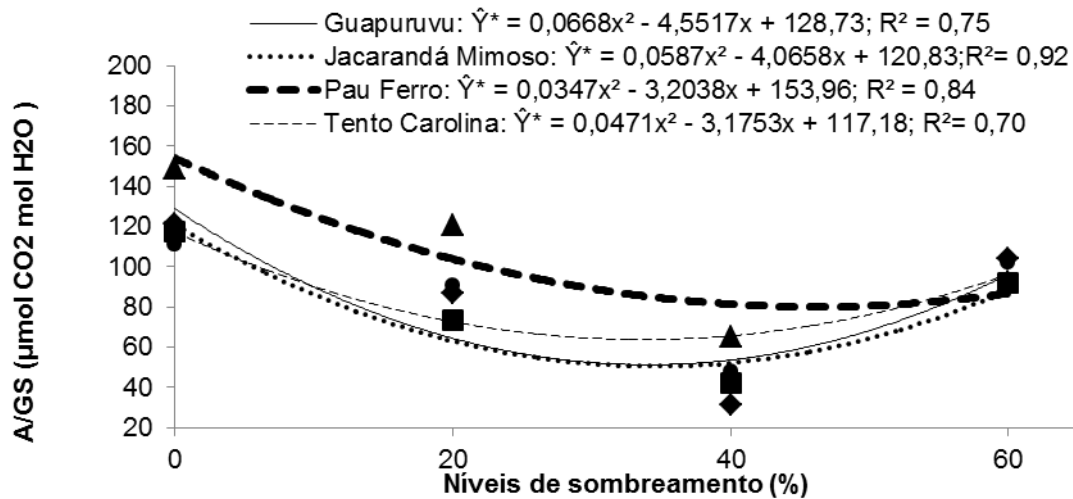
*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 15 – Estimativa da eficiência instantânea do uso da água de mudas das espécies guapuruvu jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina, conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

Para cada 1% de aumento de sombreamento, houve uma redução de 0,0316 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$. A pleno sol esta espécie obteve uma média de 5,95 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$; em 20% de sombreamento foi verificado 5,32 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$, em 40% a espécie caiu para de 4,69 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$ e a 60% de sombra a guapuruvu apresentou 4,06 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$ em média. A presença direta da luz do sol ocasionou uma diferença de 31,77% a mais de A/E em comparação ao verificado nas mudas a 60% de sombra.

Esses dados estão de acordo com Aranda et al. (2005) que, avaliando mudas de *Quercus suber* L., afirmam que houve uma tendência em manter maior eficiência instantânea no uso da água sob ambiente de luz alta. Hughes et al. 2015, estudando o efeito das nuvens no microclima para mudas de *Picea engelmannii* Parry ex Engelm. e *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt, notaram que as mudas, quando estavam sob densas nuvens, apresentaram um decréscimo na eficiência instantânea no uso da água. Ou seja, a presença direta do sol aumenta os índices de eficiência instantânea no uso da água.

Quanto à estimativa de eficiência intrínseca do uso da água (A/Gs) em função da restrição de luz, para todas as espécies avaliadas, foi verificada tendência quadrática, caracterizada por decréscimos em função da elevação dos níveis de sombreamento (Figura 16). Resultados semelhantes ocorreram nos estudos de Gonçalves et al. (2012) de mudas para *Swietenia macrophylla*.

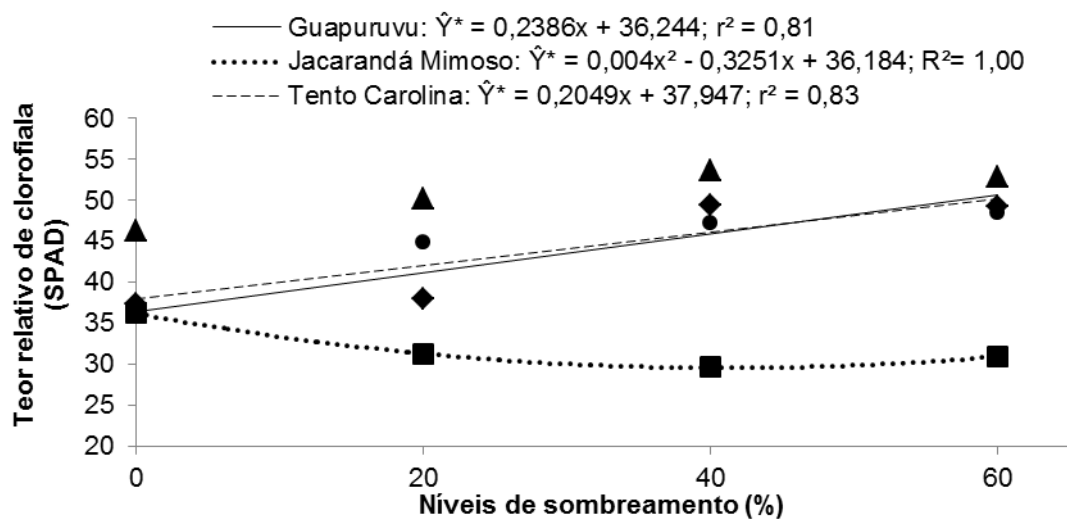


*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 16 – Estimativa de eficiência intrínseca do uso da água de mudas das espécies guapuruvu jacarandá mimoso, pau-ferro e tenta carolina, conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

As mudas de *Swietenia macrophylla* avaliadas por Gonçalves et al. (2012) seguiram essas mesmas tendências. Essas mudas cultivadas em sombra apresentaram a menor estimativa, que foi de $65,1 \pm 4,05 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}$. Sendo essas as menores estimativas para essa características.

As mudas de guapuruvu e tenta carolina (Figura 17) tiveram tendências lineares de incremento para a relação entre teor relativo de clorofila (SPAD) e os níveis de sombreamento; para as mudas de jacarandá mimoso foi observada tendência quadrática.



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 17 – Estimativa do teor relativo de clorofila de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina, conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

As mudas de Guapuruvu mantiveram um crescimento do teor relativo de clorofila de 0,2386 para cada aumento unitário de sombreamento (Figura 17). Quando essas mudas foram submetidas a 60% de sombreamento, o índice SPAD foi de 50,56. Esse valor foi 39,50% maior do que as mudas a pleno sol. As mudas de tento carolina que foram cultivadas a 60% (Figura 17) de sombreamento foram maior 32,40% quando comparadas com as mudas a pleno sol. O índice SPAD foi maior 0,2049 para cada 1% de aumento do nível de sombreamento, ao chegar em 60% de sombreamento, atingindo o valor de 50,241. Resultados semelhantes foram verificados para *Anadenanthera colubrina* (FERREIRA et al., 2012).

As mudas de *A. colubrina* apresentaram mais teores de clorofila. Esses autores relatam que a espécie *A. colubrina* apresentou resultados significativos, encontrando os máximos índices de teores de clorofila nas mudas cultivadas a 70% de sombreamento.

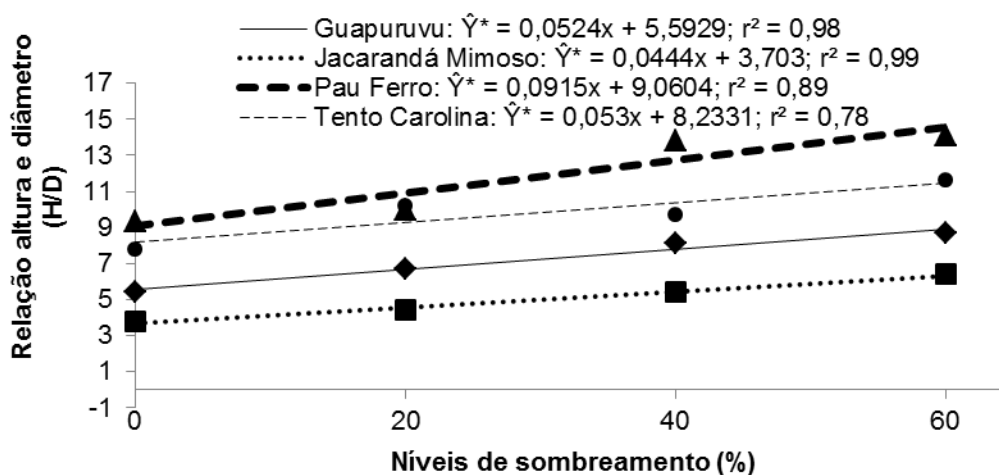
No entanto a diminuição do teor relativo de clorofila pode ocorrer em espécie de Bignoniaceae. Nos estudos de Freitas (2016), foi relatada essa diminuição em mudas de *Cybistax antisiphilitica* Mart., com os maiores índices de clorofila em ambientes a pleno sol. Alguns outros autores, como Rego e Possamai (2006); Gonçalves et al. (2012), e Bundchen (2012), descrevem uma intensa ligação entre o acréscimo do teor de clorofila em menores emissões de radiação solar.

Esses dados corroboram o que foi encontrado neste presente estudo. A espécie jacarandá mimoso não demonstrou uma tendência de aumento do índice SPAD. Quando em 40,6% de sombreamento foi constatada a menor média de valor, 29,6. E a maior média foi pleno sol, 36,2 em média (Figura 17).

Com base no conhecimento de que em qualidades adequadas de luz há uma constante degradação e síntese das moléculas de clorofilas. Por sua vez, na mesma magnitude em condições luminosas intensas pode ocorrer menos degradação dessas moléculas e conseqüentemente ocorre um aumento nos índices de concentrações de clorofila total (Kramer e Kozlowski, 1979). Sendo

essa uma possível explicação para a diminuição dos valores do índice SPAD para as mudas de jacarandá mimoso.

Quanto à estimativa de valores de rusticidade, relação H/D, para todas as espécies foi observada uma tendência linear com incrementos em razão do aumento no nível de sombreamento (Figura 18).



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 18 – Estimativa da relação entre altura e diâmetro (H/D) de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina, conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

Relação semelhante foi verificada para mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex. Benth. e *Chorisia speciosa* A.St.-Hil (PACHECO et al., 2013), *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. e *Sterculia foetida* L. (CÂMARA e ENDRES, 2008), *Caesalpinia echinata* Lam. (AGUIAR et al., 2011).

Conforme Pacheco et al. (2013), as mudas de *D. nigra* e *C. speciosa* apresentaram os maiores valores para a relação H/D nos tratamentos com 91% de sombreamento, com 15,793 e 8,835 para as mudas de *D. Nigra* e *C. speciosa*, respectivamente. Da mesma forma para as mudas de *M. caesalpiniiifolia* e *S. foetida* Câmara e Endres (2008), puderam atestar que essas mudas mostraram os maiores valores para a relação entre a altura da planta/diâmetro do caule, quando essas mudas foram cultivadas em 50% e 70% de sombreamento.

Para Aguiar et al. (2011), as mudas de *Caesalpinia echinata* Lam., quando cultivadas nos maiores níveis de sombreamento, também apresentaram maiores relações entre altura e diâmetro do colo. Aos 720 dias após repicagem as mudas de Pau-brasil apresentaram uma média de 72,38 a

pleno sol e 96,64 a 60% de sombra, afirmam Aguiar et al. (2011). Campus e Uchida (2002), avaliando *Jacaranda copaíba* L., *Hymenaea courbaril* L. *Ochroma lagopus* Swartz, atestaram para as três espécies que o sombreamento de 70% proporcionou os maiores valores para esta característica.

Para a relação entre o índice de qualidade de Dickson (IQD) e os níveis de restrição de luz, para a espécie guapuruvu, foi observada tendência quadrática decrescente (Figura 19).

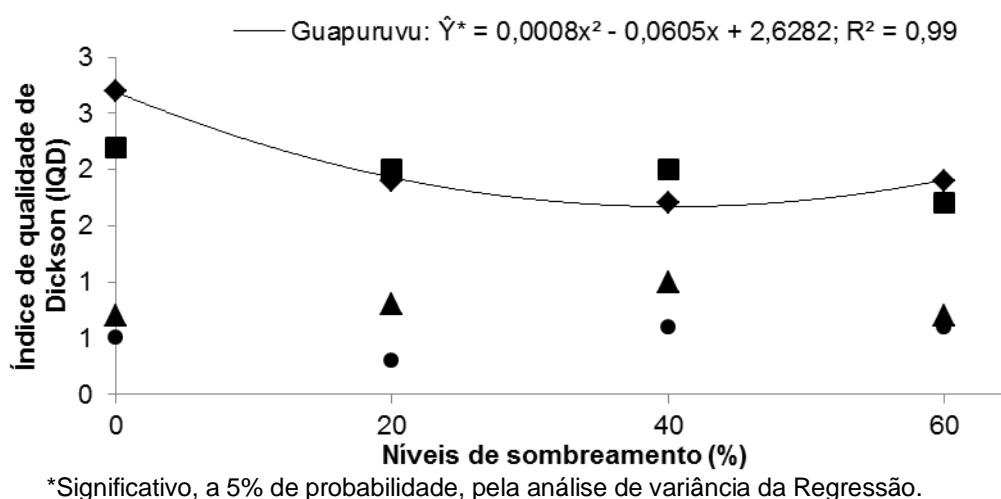
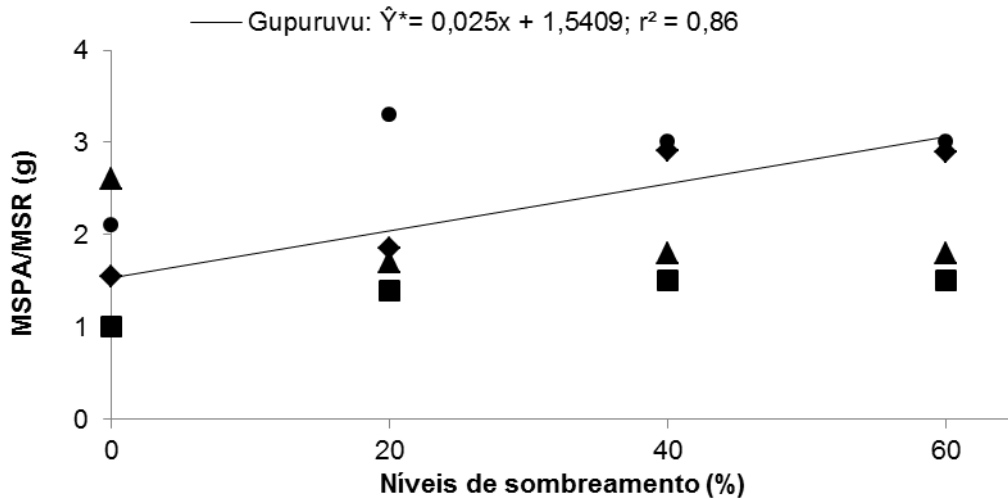


Figura 19 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas das espécies guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), jacarandá mimoso (*Jacaranda mimosifolia*), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) e tento carolina (*Adenantha pavonina*), conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

Para a Guapuruvu, o nível de sombreamento que representou o menor valor foi a 37,81% de sombreamento, atingindo o valor 1,48. A pleno sol essa espécie obteve uma média de 2,63, e, a 60% de sombra, a Guapuruvu apresentou 1,88 em média (Figura 19). Santelices et al. (2015 b), avaliando o crescimento inicial de mudas de *Nothofagus leonii* (huala), afirmam que, em condições de pleno sol, essas mudas apresentaram os maiores valores de IQD.

Para a razão entre a massa seca da parte aérea e massa seca da parte radicial (MSPA/MSPR) para a espécie guapuruvu, houve uma tendência linear de incremento, conforme o aumento no nível de sombreamento (Figura 20). Resultado semelhante foi descrito por Caron et al. (2010) em estudo de mudas sombreadas de guapuruvu.



*Significativo, a 5% de probabilidade, pela análise de variância da Regressão.

Figura 20 – Estimativa de valores de MSPA/MSR de mudas das espécies guapuruvu, jacarandá mimoso, pau-ferro e tento carolina, conduzidas sob sombreamento artificial, aos 120 dias após plantio. Vitória da Conquista, BA, 2016.

Pelos resultados apresentados por Caron et al. (2010), a tendência de maiores valores para está características são mais comuns, para essa a Guapuruvu, nos maiores níveis de sombreamento.

Santos et al. (2014) concordam, em parte, com esses resultados, pois em seus dados, com as mudas de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb, mesmo que os maiores índices tenham sido em condição de sombreamento, houve uma queda ao chegar em 50% de sombreamento. Esses autores atestaram o valor de 1,87g para mudas a pleno sol, e a 30% de sombra houve um aumento indo para 2,91g, mas a 50% de sombras os valores não passaram de 1,84g.

6. CONCLUSÕES

A altura das mudas foi maior em condições de maior sombreamento. Entretanto esse crescimento não foi acompanhado pelo aumento do diâmetro do colo, sendo assim caracterizado o estiolamento.

Com base no índice de robustez, a qualidade das mudas de todas as espécies avaliadas foi melhor quando essas foram cultivadas a pleno sol.

4. REFERÊNCIAS

ACOSTA, A. S.; MEAVE, J. A.; VELÁSQUEZ, R. L.S. Seedling biomass allocation and vital rates of cloud forest tree species: Responses to light in shade house conditions. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 7, p.1650–1659, 2009.

AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A. R.; NASCIMENTO, T. D. R.; ROCCO, F. M. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Ceres**, v. 58, n.6, p. 729-734, 2011.

AJALLA, A. C. A.; VIEIRA, M. C.; VOLPE, E.; ZÁRATE, N. A. H. Crescimento de mudas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (guavira), submetidas a três níveis de sombreamento e substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 449-458, 2014.

AJALLA, A. C. A.; VOLPE, E.; VIEIRA, M. C. V.; ZÁRATE, N. A. H. Produção de mudas de baru (*dipteryx alata* Vog.) sob três níveis de sombreamento e quatro classes texturais de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n.3, p. 888-896, 2012.

ALBUQUERQUE, T. C. S.; EVANGELISTA, T. C.; NETO, A. A. R. A.; Níveis de sombreamento no crescimento de mudas de castanheira do Brasil. **Revista Agro@ambiente**, v. 9, n. 4, p. 440-445, 2015.

ALMEIDA, E. I. B.; CELIN, E. F.; FREIRE, A. G.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; MESQUITA, R. O. Ecofisiologia de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas a diferentes regimes hídricos e disponibilidade de luz. **Revista Agro@ambiente**, v. 9, n. 3, p. 251-260, 2015.

AMISSAH, L.; MOHREN, G. M. J.; KYEREH, B.; POORTER, L. The Effects of Drought and Shade on the Performance, Morphology and Physiology of Ghanaian Tree Species. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4. p. 1-22, 2015.

ARANDA, L.; CASTRO, L. ; PARDOS, M. ; GIL, L.; PARDOS, J. A. Effects of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. **Forest Ecology and Management**, v. 210, p.117–129, 2005.

AVELINO, J. I.; LIMA, J. S. S.; RIBEIRO, M. C. C.; CHAVES, A. P.; RODRIGUES, G. S. O.; Métodos de quebra de dormência em sementes de Jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart. exTul. var. *ferrea*). **Revista Verde**, v.7, n.1, p. 102 – 106, 2012.

AZEVEDO, G. T. O. S.; NOVAES, A. B.; AZEVEDO, G. B.; SILVA, F. S. Desenvolvimento de Mudas de Nim Indiano sob Diferentes Níveis de Sombreamento. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n.2, p.249-255, 2015.

BIRUEL, R. P.; AGUIAR, I. B.; PAULA, R. C. Germinação de sementes de pau-ferro submetidas a diferentes condições de armazenamento, escarificação química, temperatura e luz. **Revista Brasileira de Sementes**, V. 29, n. 3, p. 151-159, 2007.

BO, L.; QING, L. Plastic responses of 4 tree species of successional subalpine coniferous forest serals to different light regimes. **Acta Ecologica Sinica**, V. 28, n. 10, p. 4665-4675, 2008.

BROWN, Stephen H. Botanical Name: *Jacaranda mimosifolia* Bignoniaceae. Horticulture Agent Bronwyn Mason, Master Gardener Lee County Extension – University of Florida, Fort Myers, Florida. Disponível em: <http://lee.ifas.ufl.edu/Hort/GardenPubsAZ/Jacaranda_Mimosifolia.pdf>. Acesso em: 30.uot. 2016.

Câmara, C. A.; Endres, L. Desenvolvimento de mudas de duas espécies arbóreas *Mimosa caesalpinifolia* Benth. e *Sterculia foetida* L. sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Floresta**, v.38, p.43-51, 2008.

CAMPUS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n.3, p. 281-288, 2002.

CARON, B. O. SOUZA, V. Q.; CANTARELLI, E. B; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELOY, E. Crescimento em viveiro de mudas de *Schizolobium*

parahyba (Vell.) S. F. Blake submetidas a níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, v.20, n.4, p.683- 689, 2010.

CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; SCHMIDT, D.; BAMBERG, R.; ELOY, E. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 833-842, 2012.

CÉSAR, F. R. C. F.; MATSUMOTO, S. N.; VIANA, A. E. S.; BONFIM, J. A. Crescimento inicial e qualidade de mudas de *Pterogyne nitens* Tull. conduzidas sob diferentes níveis de restrição luminosa artificial. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 357-366, 2014.

COSTA, E.; DIAS, J. G.; LOPES, K. G.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Telas de sombreamento e substratos na produção de mudas de *Dipteryx alata* Vog. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 416-425, 2015.

COSTA, R. S.; ORTOLANI, F. A.; MÔRO, F. V.; PAULAM R. C. Caracterização morfológica de folhas e flores de espécies de Jacaranda (Bignoniaceae), cultivadas em Jaboticabal – SP. **Revista de Biologia e Ciências da terra**, V. 11, N. 1, p. 169 – 181, 2011.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.507-516, 2005.

DALMOLIN, Â. C.; THOMAS, S. E. O.; ALMEIDA, B. C; ORTÍZ, C. E. R. Alterações morfofisiológicas de plantas jovens de *Curatella americana* L. submetidas ao sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 41-48, 2015.

DIAS, A. N. **Capacidade de aclimação à luz no estabelecimento inicial de macaúba (*Acricomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart) em condições de viveiro e em campo**. Florestal-MG: UFV, 2015. 72 p. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

DIAS, I. F. S. **O uso da biodiversidade na produção de sementes e mudas para restauração florestal**. Piracicaba-SP: ESALQ/USP, 2012, 87 p. Dissertação (Mestrado em Recursos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36. p.10-13, 1960.

DUTRA, T. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SANTANA, R. C.; MASSAD, M. D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.

ELOY, E. CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A. SCHWERS, L.; ELLI, F. E. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 373 – 384, 2013.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência do Sombreamento Artificial e da Adubação Química na Produção de Mudas de *Adenanthera Pavonina* L. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 49-56. 2003.

FAROOQI, Z.; IQBAL, M. Z.; KABIR, M.; SHAFIQ, M.; ATHAR, M. Seedling growth of *Adenanthera rapavonina* L. in polluted soils of Karachi railway track. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 20, n. 2, p. 463 – 469, 2016.

FELSEMBURGH, C. A.; SANTOS, K. J. S.; CAMARGO, P. B.; CARMO, J. B.; TRIBUZY, E. S. Respostas ecofisiológicas de *Aniba parviflora* ao sombreamento artificial. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 36, n. 87, p. 201-210, 2016.

FERREIRA, W. N.; ZANDAVALLI2, R. B.; BEZERRA, A. M. E.; FILHO, S. M. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botânica Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 408-414, 2012.

FOGAÇA, J. J. N. L. **Sombreamento artificial em genótipos de mandioca**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2014, 110p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Ação do polietileno glicol na germinação de sementes de *Adenanthera pavonina* L. e o uso de poliaminas na atenuação do estresse hídrico sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 1-6, 2003.

FREIRE, J. M.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; LIMA, E. R.; SODRÉ, S. R. C.; CORRÊA, R. X. Estrutura genética de populações de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (guapuruvu) por meio de marcadores RAPD. **Scientia Forestalis**. n. 74, p. 27-35, 2007.

FREITAS, F. M. **Respostas ecofisiológicas de *Cybistax antisyphilitica* Mart. (Ipê verde) em função das alterações na intensidade de luz**. Uberlândia-MG: UFU, 2016. 37 p. Tese (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Uberlândia.

FRIGOTTO, T.; BRUN, E. J.; MEZZALIRA, C. C.; NAVROSKI, M. C.; BIZ, S.; RIBEIRO, R. R. Desenvolvimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke em diferentes ambientes em viveiro. **Enflo**, Porto Alegre, v. 3, n. 1 p. 9-17, 2015.

GALLÃOA, M. I; NORMANDO, L. O.; VIEIRAB, Í. G.P.; MENDES, F. N.P.; RICARDO, N. M.P.S.; BRITOD, E. S. Morphological, chemical and rheological properties of the main seed polysaccharide from *Caesalpinia ferrea* Mart. **Industrial Crops and Products**, v. 47, p. 58– 62, 2013.

GOMES, F. M. **Germinação e crescimento de plântulas de *libidibia ferrea* Mart. ex. tul. em função do peso de semente, temperatura e luz.** Fortaleza-CE: UFC, 2014. 89 p. Tese (Mestrado em Ecologia)- Universidade Federal do Ceará.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M. da; JUSTINO, G. C.; NINA JUNIOR, A. da R. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 337-344, 2012.

GRABIAS, J. **Recipientes, formas de repicagem e concentrações de fertilizante mineral na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (calophyllaceae).** Curitiba-PR: UFP, 2014. 125 p. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.

HORNITSCHKE, P.; KOHNEN, M. V.; LORRAIN, S.; ROUGEMONT, J.; LJUNG, K.; VIDRIERO, I. L.; FRANCO-ZORRILLA, J. M. F.; SOLANO, R.; TREVISAN, M.; PRADERVAND, S.; XENARIOS, L.; FANKHAUSER, C. Phytochrome interacting factors 4 and 5 control seedling growth in changing light conditions by directly controlling auxin signaling. **The Plant Journal**, v. 71, p. 699–711, 2012.

HUGHES, N. M.; CARPENTER, K. L.; COOK, D. K.; KEIDEL, T. S.; MILLER, C. N.; NEAL, J. L.; SANCHEZ, A.; SMITH, WILLIAM K. Effects of cumulus clouds on microclimate and shoot-level photosynthetic gas exchange in *Picea engelmannii* and *Abies lasiocarpa* at treeline, Medicine Bow Mountains, Wyoming, USA. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 201, p. 26–37, 2015.

IBF, Instituto Brasileiro de Florestas. Guapuruvu - *Schizolobium parahyba*. Paraná: 2016. 1 p. Disponível em: <http://www.ibflorestas.org.br>. Acessado em: 29/08/2016.

JEROMINI, T. S.; SCALON, S. P. Q.; PERREIRA, S. T. S.; FACHINELLI, R.; FILHO, H. S. Armazenamento de sementes e sombreamento na emergência e crescimento inicial das mudas de *Magonia pubescens* A. St.-Hil. **Revista Árvore**, v.39, n.4, p.683-690, 2015.

JESUS, R. B.; Os recursos naturais e sua exploração na formação territorial do município de Vitória da Conquista-BA. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, n.9, 2010.

JUNIOR, É. C. L.; ALVARENGA, A. A.; VIEIRA, E. M. C. C. V.; OLIVEIRA, H. M. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, v35, n.5, p.1092-1097, 2005.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas degradadas. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Coord.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: USP/FAPESP, 2000. p.249-269.

KEUSKAMP, D. H.; SASIDHARAN, R.; VOS, I.; PEETERS, A. J. M.; VOESENEK, L. A. C. J.; PIERIK, R. Blue-light-mediated shade avoidance

requires combined auxin and brassinosteroid action in Arabidopsis seedlings. **The Plant Journal**, v. 67, p. 208–217, 2011.

KIM S. J.; YUA D. J.; KIM B T.C.; LEE H. J. Growth and photosynthetic characteristics of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) under various shade levels. **Scientia Horticulturae**, v. 29, p. 486-492, 2011.

KITAO, M. Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes. **Plant, Cell and Environment Malden**, v. 23, n. 1, p. 81-89, 2000.

Körner C. An introduction to the functional diversity of temperate forest trees. **Forest Diversity and Function**. v. 176, p. 13–37. 2005.

LEAL, C. C. P.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; FARIAS, R. M. Light intensity and type of container on producing *Cassia grandis* L. f. seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.939–945, 2015.

LENHARD, N.R., PAIVA NETO, V.B., SCALON, S.P. & ALVARENGA, A.A. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 178-186, 2013.

Li, L.; Ljung, K.; Breton, G.; Schmitz, R. J.; Pruneda-Paz, J.; Cowing-Zitron, C.; Cole, B. J.; Ivans, L. J.; Pedmale, U. V.; Jung, H.; Ecker, J. R.; Kay, S. A.; Chory, J. Linking photoreceptor excitation to changes in plant architecture. **Genes Development**, V. 26, p. 785-790, 2012.

LIMA, J. D.; SILVA, B. M. S.; MORAES, W. S.; DANTAS, V. A. V.; ALMEIDA, C. C. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Acta Amazonica**, v.38, n.1, p05-10, 2008.

LIMA, S. L.; TAMIOZZO, S.; PALOMINO, E. C.; PETTER, F. A.; MARIMON-JUNIOR, B. H. Interactions of biochar and organic compound for seedlings production of *Magonia pubescens* A. St.-Hil. **Revista Árvore**, v.39, n.4, p.655-661, 2015.

LOPES, M. J. S.; DIAS-FILHO, M. B.; NETO, M. A. M.; CRUZ, E. D. Morphophysiological Behavior and Cambial Activity in Seedlings of Two Amazonian Tree Species under Shade. **Journal of Botany**, V. 2015, p. 10, 2015.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Editora Instituto Plantarum. Nova Odessa 2008, 384 p.

MARANA, J. P.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E. P. Qualidade de mudas de jaracatiá submetidas a diferentes períodos de sombreamento em viveiro. **Revista Árvore**, v.39, n.2, p. 275-282, 2015.

MARTIN, P.A.; MARINCOWITZ, C. S.; MUTHELO, V. G.; WINGFIELD, M. J. Ganoderma species, including new taxa associated with root rot of the iconic Jacaranda mimosifolia in Pretoria, South Africa. **IMA Fungus**, v.6, n.1. p. 249–256, 2015.

MARTÍNEZ-GARCÍA, J.F; GALLEMÍ, M.; MOLINA-CONTRERAS, M.J.; LLORENTE, B.; BEVILAQUA, M. R. R. & QUAIL, P. H. The Shade Avoidance Syndrome in Arabidopsis: The Antagonistic Role of Phytochrome A and B Differentiates Vegetation Proximity and Canopy Shade. **PLoS ONE**, v. 9, n.10, p. 1-11, 2014.

MOTA, F. C. M.; FERREIRA, J. C.S.; IMAÑA, J. M. E.; Análise do crescimento de *Caesalpinia ferrea* MART. no campus da Universidade de Brasília, DF. **Revista Verde**, vol. 7, n. 4, p.195 – 200, 2012 (a).

MOTA, L. H. S.; SCALON, S. P. Q.; HEINZ, R. Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* vog. **Ciência Florestal**, v.22, p.423-431, 2012 (b).

MULA, H. C. A. **Avaliação de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L. B. Smith & R. J. Downs.** Curitiba- PR, UFP, 2011, 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná.

NIINEMETS, U. A review of light interception in plant stands from leaf to canopy in different plant functional types and in species with varying shade tolerance. **Ecological Research**, Tokyo, v.25, p.693-714, 2010.

OLIVEIRA, D. V. (b). **Teste de Envelhecimento Acelerado para a Avaliação do Vigor de Sementes de *Dalbergiamis colobium* Benth. E *Jacaranda mimosifolia* D. Don.** Brasília- DF: UNB, 2013, 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Universidade de Brasília.

OLIVEIRA, E. F. (a). **Influência de diferentes níveis de sombreamento e aclimação no estabelecimento pós plantio de mudas de tento vermelho (*Adenanthropavonina* L.) em áreas alteradas.** Manaus-AM: UFAM, 2013, 64 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas.

OLIVEIRA, R. S.; BEZERRA, B. B.; OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, M. S.; FILHO, R. A. P. Crescimento inicial *Caesalpinia ferrea* mart. ex tul. sob diferentes condições de sombreamento. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC. 1 CD. ROM.

PACHECO, F. V.; PEREIRA, C. R.; SILVA, R. L.; ALVARENGA, I. C. A. crescimento inicial de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex. Benth. (Fabaceae) e *Chorisia speciosa* A.St.-Hil (Malvaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.945-953, 2013.

PELAZZA, B. B.; SEGATO, S. V. & ROMANATO, F. N. Quebra de dormência em semente de *Adenantha pavonina* L. **Nucleus**, Ituverava-SP, v. 8, n. 1, p. 305-314, 2011.

PIEREZAN, L.; SCALON, S. P. Q.; PEREIRA, Z. V. Emergência de plântulas e crescimento de mudas de Jatobá com uso de bioestimulante e sombreamento. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 127-133, 2012.

PINTO, J. R. S.; DOMBROSKI, J. L. D.; JUNIOR, J. H. S.; SOUZA, G. O.; FREITAS, R. M. O.; Growth of mimosa *Caesalpinifolia* benth., under shade in the Northeast semi-arid region of Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 384 – 392, 2016.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. **Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do jequitibá-rosa**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, v. 53, n. 2, p. 179-194, 2006.

REYES, A.E.L. 2016. Árvores Úteis - Jacarandá-Mimoso. ESALQ – USP. Disponível em:<<http://www.esalq.usp.br/trilhas/uteis/ut21.php>>. Acesso em 30 ago. 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 1999.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG** – Guia prático. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 301p.

RODRIGUES A. R. V.; ALMEIDA K. T. **Crescimento inicial de mudas de *Ormosia arborea* sob diferentes níveis de luz**. Dourados-MS: UFGD, 2016. 23 p. Monografia (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

RODRIGUES, A. P. D. C.; OLIVEIRA, A. K. M.; LAURA, V. M.; YAMAMOTO, C. R.; CHERMOUTH, K. S.; FREITAS, M. H. Tratamentos para superação da dormência de sementes de *Adenantha pavonina* L. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.617-623, 2009.

RUANO, I., PANDO, V., BRAVO, F. How do light and water influences *Pinuspinaster*Ait. Germination and early seedling development. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 2647–2653, 2009.

SABINO, M.; KORPAN, C.; FERNEDA, B. G.; SILVA, A. C. Crescimento de mudas de ipês em diferentes telas de sombreamento. **Nativa**, v.4, n.2, p.61-65, 2016.

SABONARO, D .Z.; GALBIATTI, J. A. Seedling growth of *Schizolobium parahyba* on different substrates and irrigation levels. **Rodriguésia**, v.62, n.3, p. 467-475. 2011.

SANTELICES, R.; ESPINOZA, S.; CABRERA, A. M. (b). Effects of shading and slow release fertilizer on early growth of *Nothofagusleoni*seedlings from its

northernmost distribution in Central Chile. **Revista Bosque**, v. 36, n. 02, p. 179-185, 2015.

SANTELICES, R.; ESPINOZA, S.; CABRERA, A. M. (a). Effect of four levels of shade on survival, morphology and chlorophyll fluorescence of *Nothofagus alessandrii* container-grown seedlings. **IForest**, n. Vol. 8, p. 638-641, 2015.

SANTINI, P. T. **Padrões espaço-temporais da fisiologia da copa do cafeeiro**. Lavras-MG: UFL, 2015. 54 p. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras.

SANTOS, L. W.; COELHO, M. F. B.; AZEVEDO, R.A. B. Qualidade de mudas de pau-ferro produzidas em diferentes substratos e condições de luz. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 151-158, 2013.

SANTOS, T. A.; MIELKE, M. S.; PEREIRA, H. A. S.; GOMES, F. P.; SILVA, D. C. Trocas gasosas foliares e crescimento de plantas jovens de *Protium heptaphyllum* March (Burseraceae) submetidas ao alagamento do solo em dois ambientes de luz. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 047-056, 2012.

SANTOS, U. F.; XIMENES, F. S.; LUZ, P. B.; JÚNIOR, S. S.; SOBRINHO, S. P. Níveis de sombreamento na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*). **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 129-136, 2014.

SANTOS, R. F.; MOARAE, L.; BORSOLI, A.; SECCO, D.; MOREIRA, G.C. Níveis de sombreamento na produção e desenvolvimento de mudas *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.3, n.3, 2010.

SARAIVA, G. F. R.; SOUZA, G. M.; RODRIGUES, J. D. Aclimação e fisiologia de mudas de Guanandi cultivadas em telas de sombreamento foto-protetoras. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n.2, 2014.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SCHOCK, A. A.; RAMM, A.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, DIOLINA M.; BACARIN, M. A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-mansão cultivadas em diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.3-9, 2014.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Estatística dos municípios Baianos**. v. 4, 458p., 2013. Disponível em: < http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=art%20icle&id=76&Itemid=110 >. Acesso em: 31 de outubro de 2016.

SILVA, A. R. A. de, BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F. de; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. de. Trocas gasosas em plantas de girassol

submetidas À deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 86-93, 2013.

SILVA, B. M. S.; LIMA, J. D.; DANTAS, V. A. V.; MORAES, W. S.; SABORANO, D. Z. Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia* Huber. **Revista Árvore**, v. 31, n. 06, p. 1019-1026, 2007.

SILVA, M. C. L.; **Qualidade fisiológica de sementes de angico (Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan) sob diferentes condições de estresse hídrico e luminosidade**. Lagoa Seca-PB: UEPB, 2014. 25 p. Monografia (Bacharel em Agroecologia) – Universidade Estadual da Paraíba.

SOCOŁOWSKI, F. e TAKAKI, M. Germination of *Jacaranda mimosifolia* (D. Don - Bignoniaceae) Seeds: Effects of Light, Temperature and Water Stress. **Brazilian Archives Of Biology And Technology An International Journal**. v.47, n. 5, p. 785-792, 2004.

SOUZA, C.F., LUCYSZYN, N., FERRAZ, F.A., SIERAKOWSKI, M.R., *Caesalpinia ferrea* var. *Ferrea* seeds as a new source of partially substituted galactomannan. **Carbohydr Polym**, v. 82, p. 641–647, 2010.

SOUZA, T. V.; VOLTOLINI, C. H.; SANTOS, M.; PAULILO, M. T .S. Water absorption and dormancy-breaking requirements of physically dormant seeds of *Schizolobium parahyba* (Fabaceae – Caesalpinioideae). **Seed Science Research**, v. 22, p.169–176, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TEIXEIRA, W. F. et al. Atividade da enzima nitrato redutase e crescimento de *Swietenia macrophylla* king sob efeito de sombreamento. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 1, p. 91-98, 2013.

TERRA, S. B.; GONÇALVES, M.; MEDEIROS, C. A. B. Produção de mudas de jacarandá mimoso (*Jacaranda mimosaeifolia* D. Don.) em substratos formulados a partir de resíduos agroindustriais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n.1, p.918-921, 2007.

TIANSAWAT, P.; DALLING, J.W. Differential seed germination responses to the ratio of red to far-red light in temperate and tropical species. **Plant Ecology**, v. 214, n. 5, p. 751-764, 2013.

TRAUTENMÜLLER, J. W.; BORELLA, J.; LAMBRECHT, F. R.; VALERIUS, J.; COSTA JÚNIOR, S. Acúmulo de radiação solar para a produção de mudas de *Cordia americana* sob diferentes manejos. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. v. 10, n. 02, p. 163-169, 2016.

TURCHETTO-ZOLET, A. C.; CRUZ, F. VENDRAMIN, G. G.; SIMON, M. F. SALGUEIRO, F.; MARGIS-PINHEIRO, M.; MARGIS, R. Large-scale phylogeography of the disjunct Neotropical tree species *Schizolobium parahyba* (Fabaceae-Caesalpinioideae). **Molecular Phylogenetic sand Evolution**, v. 5 p.174–182, 2012.

VALADÃO, M. B. X.; JUNIOR, B. H. M.; MORANDI, P. S.; REIS, S. M.; OLIVEIRA, B.; OLIVEIRA, E. A.; MARIMON, B. S. Initial development and biomass partitioning of *Physocalymma scaberrimum* Pohl (Lythraceae) under different shading levels. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 129-139, 2014.

VALLADARES, F., SALDAÑA, A., GIANOLI, E. Costs *versus* risks: Architectural changes with changing light quantity and quality in saplings of temperate rainforest trees of different shade tolerance. **Austral Ecology**, v.37, p. 35-43, 2012.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, U. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**. v. 39, p.237-257, 2008.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, U. The architecture of plant crowns: from design rules to light capture and performance. **Functional Plant Ecology**. v. 31, n 1, 2007.

VIEIRA, M. V. M.; GIUNTI, O. D.; GRIS, C. F.; SILVA, A. V. Indicadores de sustentabilidade e influência de sistemas agroflorestal e convencional sobre a qualidade do solo e do café arábica em Piumhi-MG. **Revista Verde**, v. 10, n.2, p. 229 - 238, 2015.

ZHANG, M.; ZHU, J.; LI, M.; ZHANG, G.; YAN, Q. Different light acclimation strategies of two coexisting tree species seedlings in a temperate secondary forest along five natural light levels. **Forest Ecology and Management**, v. 306, p. 234–242, 2013.