

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE

ISRAELL RICARDO DE MELO

**ANÁLISE FOTOSSINTÉTICA E FISIOLÓGICA DE PLANTAS JOVENS DE DUAS
ESPÉCIES DE AÇAIZEIRO DA AMAZÔNIA SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

**RIO BRANCO
ACRE - BRASIL
FEVEREIRO - 2019**

ISRAELL RICARDO DE MELO

**ANÁLISE FOTOSSINTÉTICA E FISIOLÓGICA DE PLANTAS JOVENS DE DUAS
ESPÉCIES DE AÇAIZEIRO DA AMAZÔNIA SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Acre, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para a obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Orientador: Dr. Marcio de Oliveira Martins

RIO BRANCO
ACRE - BRASIL
FEVEREIRO - 2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

M528a Melo, Israel Ricardo de, 1984 -

Análise fotossintética e fisiológica de plantas jovens de duas espécies de açaizeiro da Amazônia sob deficiência hídrica / Israel Ricardo de Melo; orientador: Dr. Marcio de Oliveira Martins. – 2019.

55 f.: il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Mestrado Nacional Ciência Florestas, Mestre em Ciência Florestal, Rio Branco, 2019.

Inclui referências bibliográficas.

1. Euterpe sp. 2. Estresse hídrico. 3. Trocas gasosas. I. Martins, Marcio de Oliveira (orientador). II. Título.

CDD: 634



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Biológicas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal

ATA DE SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
MESTRANDO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA FLORESTAL **ISRAEL
RICARDO DE MELO** REALIZADA NO DIA VINTE E OITO DE
FEVEREIRO DE 2019.

Às quatorze horas do dia vinte e oito do mês de fevereiro do ano de 2019, na sala 01 (térreo) do bloco dos doutorados do Programa de pós Graduação em Produção Vegetal (PPGPV) da Universidade Federal do Acre, realizou-se a Defesa de Dissertação intitulada: **Análise fotossintética e fisiológica de plantas jovens de duas espécies de açaizeiro da Amazônia sob deficiência hídrica**", de autoria do mestrando Israel Ricardo de Melo, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de Mestrado (UFAC). Na ocasião, a Comissão Examinadora esteve constituída pelos membros: **Dr. Marcio de Oliveira Martins (Presidente/Orientador/UFAC)**, **Dr. Nei Sebastião Braga Gomes (Membro titular/UFAC/CIFLOR)**, **Dr. Frederico Henrique da Silva Costa (Membro externo/UFAC/PPGPV)**. Após a exposição oral, houve arguição pelos examinadores e ao final da arguição, reaberta a sessão pública, o discente foi considerado **APROVADO** pela Comissão Examinadora. E para constar, foi lavrada a presente ata, que será assinada pelos membros da Comissão.

Dr. Marcio de Oliveira Martins
(Presidente/Orientador/UFAC)

Dr. Nei Sebastião Braga Gomes
(Membro titular/UFAC/CIFLOR)

Dr. Frederico Henrique da Silva Costa
(Membro externo/UFAC/PPGPV).

Este trabalho é dedicado a meus pais, Pedro Lima de Melo Sobrinho e Marfiza Ricardo De Melo e a minha esposa, Janayra de Lima Rodrigues Linard, por todo carinho e amor. Também dedico à minha tia Maria Gloria Nascimento Ricardo (in memoriam), que não pode estar presente neste momento tão importante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo maravilhoso dom da vida e por todas as oportunidades oferecidas ao longo de minha vida e as que ainda estão por vir.

Aos meus amados pais, Pedro Lima de Melo Sobrinho e Marfiza Ricardo de Melo.

A minha querida esposa Janayra de Lima Rodrigues Linard que sempre me apoiou e por sempre estar ao meu lado com seu incentivo e motivação.

As minhas tias Juliana Ricardo de Souza e Raimunda Nonata do Nascimento pela amizade e carinho nos momentos alegres e difíceis.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcio de Oliveira Martins, pela paciência, compreensão, dedicação e, acima de tudo, por sua eterna amizade.

A equipe do Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal da UFAC, por toda ajuda durante e após o experimento.

A CAPES pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de estudo.

Aos professores do Mestrado em Ciências Florestais, pelas contribuições, sugestões e trocas de experiências, que foram fundamentais na trajetória do desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os colegas do Curso de Mestrado, pela convivência e amizade.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que fosse possível a realização do trabalho de pesquisa, a elaboração da dissertação e a conclusão deste curso.

“Na vida por mais difíceis que sejam os dias, e somente dias, não se deixe abater pelas dificuldades, respire e aprenda com estes momentos. Pois, ao fim sairá fortalecido para seguir novos desafios.”

Israell Ricardo de Melo

RESUMO

MELO, Israel Ricardo de. Universidade Federal do Acre, fevereiro de 2019. **Análise fotossintética e fisiológica de plantas jovens de duas espécies de açazeiro da Amazônia sob deficiência hídrica.** Orientador: Marcio de Oliveira Martins. O açazeiro é uma palmeira tropical, perene, nativa do Brasil que ocorre nas Regiões Norte e Sudeste do país. Pertencente à família Arecaceae é uma espécie de clima tropical quente e úmido (temperatura média anual acima de 26°C, umidade relativa do ar entre 71% e 91%, e precipitação acima de 1.600 mm por ano). Não é exigente em solos, cresce mesmo em solos pobres e ácidos, desenvolvendo-se bem naqueles com maior fertilidade. Possui grande importância socioeconômica na Amazônia e existem duas espécies mais comercializadas: o açai de touceira (*Euterpe oleracea* Mart.) que predomina na Amazônia Oriental, em áreas de várzea e o açai solteiro (*Euterpe precatoria* Mart.) que ocorre na Amazônia Ocidental desde florestas de terra firme a áreas de baixio. O estado do Acre, apesar de estar em um bioma com alta oferta hídrica, possui uma estação seca bem definida que influencia diretamente a produção vegetal. Estudos que procurem conhecer as modificações que ocorrem durante esse período de seca em plantas de elevado interesse econômico são superficiais e escassos e de fundamental importância. O trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de diferentes regimes hídricos sobre parâmetros fotossintéticos e fisiológicos das espécies (*E. oleracea* e *E. precatoria* Mart.). O experimento foi realizado em estufa do campus Rio Branco da Universidade Federal do Acre e receberam os tratamentos hídricos: 100%, 75%, 50% e 25% da capacidade de campo durante 90 dias. A análise de fotossíntese e as trocas gasosas das plantas foram realizadas utilizando um analisador de gás no infravermelho – IRGA, modelo Li-6400XT. Os tratamentos hídricos aplicados foram capazes de causar alterações nas trocas gasosas das duas espécies estudadas. A assimilação de CO₂ atmosférico foi afetada em *E. precatoria*, onde as plantas desta espécie no tratamento de 50% da capacidade hídrica apresentaram maior fotossíntese e, no tratamento de 100%, houve uma redução de 66,2%. Já para *E. oleracea*, observou-se que capacidade hídrica de 25%, a fotossíntese líquida sofreu uma redução 34,7%, em relação ao tratamento de 50% que apresentou maior fotossíntese. Pode-se concluir que as duas espécies de açazeiro analisadas, *E. oleracea* e *E. precatoria*, são tolerantes a estresses hídricos moderados. Sendo que ambas apresentam melhor desempenho fotossintético e de crescimento quando cultivadas a 75% da capacidade de campo.

Palavras-chaves: *Euterpe* sp, Estresse hídrico, Trocas gasosas.

ABSTRACT

MELO, Israel Ricardo de. Federal University of Acre, february of 2019. **Photosynthetic and physiological analysis of young plants of two species of açazeiro of Amazonian under water deficiency.** Advisor: Marcio de Oliveira Martins. Açazeiro is a tropical, perennial palm native to Brazil that occurs in the North and Southeast regions of the country. The Arecaceae family is a warm and humid tropical climate (average annual temperature above 26 ° C, relative humidity between 71% and 91%, and precipitation above 1,600 mm per year). It is not demanding on soils, it grows even on poor acidic soils, developing well in those with higher fertility. It has great socioeconomic importance in the Amazon and there are two more commercialized species: the monkey açáí (*Euterpe oleracea* Mart.) That predominates in the Eastern Amazon, in areas of várzea and the single açáí (*Euterpe precatoria* Mart.) That occurs in the Western Amazon from forests from dry land to lowland areas. The state of Acre, despite being in a biome with high water supply, has a well defined dry season that directly influences the vegetal production. Studies that seek to know the changes that occur during this dry season in plants of high economic interest are superficial and scarce and of fundamental importance. The objective of this work was to evaluate the effects of different water regimes on photosynthetic and physiological parameters of the species (*E. oleracea* and *E. precatoria* Mart.). The experiment was carried out in greenhouse at the Rio Branco campus of the Federal University of Acre and received the water treatments: 100%, 75%, 50% and 25% of the field capacity during 90 days. The photosynthesis analysis and the gaseous changes of the plants were performed using an infrared gas analyzer - IRGA, model Li-6400XT. The applied water treatments were able to cause changes in the gas exchanges of the two species studied. The assimilation of atmospheric CO₂ was affected in *E. precatoria*, where the plants of this species in the treatment of 50% of the water capacity presented greater photosynthesis and, in the treatment of 100%, there was a reduction of 66.2%. For *E. oleracea*, it was observed that water capacity of 25%, liquid photosynthesis suffered a 34.7% reduction, in relation to the treatment of 50% that presented greater photosynthesis. It can be concluded that the two species of açazeiro analyzed, *E. oleracea* and *E. precatoria*, are tolerant to moderate water stresses. Both showed better photosynthetic performance and growth when grown at 75% of field capacity.

Keywords: *Euterpe* sp, Water stress, Gas exchange.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aspecto geral das plantas ao final do experimento. De A a D, são os tratamentos de 100%, 75%, 50% e 25% de <i>E. precatoria</i> e de E a F são os de <i>E. oleracea</i>	28
Figura 2 – Fotossíntese (A), Concentração intercelular (B), Condutância estomática (C) e Transpiração foliar (D) em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo.....	30
Figura 3 – Eficiência do Uso da Água (A) e Eficiência de Carboxilação em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo.....	31
Figura 4 – Eficiência quântica atual (A) e Eficiência quântica potencial (B) em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo.....	32
Figura 5 – Quenching fotoquímico (A), Quenching não fotoquímico (B), Taxa de Transferência de elétrons (C) e Excesso de Energia (D) em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo.	33
Figura 6 – Dano de Membrana (A) e conteúdo relativo de água (B) em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo.....	34
Figura 7 – Clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e carotenoides (D) em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo.....	36
Figura 8 – Relação clorofila a/b em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo.....	37
Figura 9 – Massa seca de folhas (A), massa seca de caule (B), massa seca de raiz (C) e massa seca total (D) em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo.....	38
Figura 10 – Relação Raiz/Parte área em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo.....	39
Figura 11 – Alocação de biomassa em plantas de <i>E. oleracea</i> (A) e <i>E. precatoria</i> (B) submetidas a diferentes capacidades de campo.	40
Figura 12 – Taxa de assimilação líquida em função da concentração intercelular de CO ₂ em dois açaizeiros.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de coeficiente de correlações de Pearson em <i>E. oleracea</i> .	41
Tabela 2 – Matriz de coeficiente de correlações de Pearson em <i>E. precatoria</i> .	42
Tabela 3 – Parâmetros de trocas gasosas obtidas a partir de curvas de assimilação líquida de CO ₂ em função da concentração intercelular de CO ₂ em dois açazeiros.	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 A IMPORTÂNCIA DO AÇAIZEIRO	13
2.2 GÊNERO <i>Euterpe</i>	15
2.2.1 Características (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.)	16
2.2.2 Características (<i>Euterpe precatoria</i> Mart.)	17
2.3 Fotossíntese em plantas C ₃	17
2.4 Respostas das plantas ao déficit hídrico	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 AVALIAÇÃO DA FOTOSSÍNTESE E TROCAS GASOSAS.....	23
3.2 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA a.....	24
3.3 CURVAS DE FOTOSSÍNTESE EM RESPOSTA CO ₂	25
3.4 CONTEÚDO RELATIVO DE ÁGUA E DANO DE MEMBRANA.....	25
3.4 TEORES DE CLOROFILAS E CAROTENÓIDES	26
3.5 ANÁLISE PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA.....	26
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5 CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O açaizeiro é uma palmeira tropical, perene, nativa do Brasil que ocorre nas Regiões Norte e Sudeste. Pertencente à família Arecaceae é uma espécie de clima tropical quente e úmido (temperatura média anual acima de 26°C, umidade relativa do ar entre 71% e 91%, e precipitação acima de 1.600 mm por ano). Não é exigente em solos, cresce mesmo em solos pobres e ácidos, desenvolvendo-se bem naqueles com maior fertilidade (WADT, 2004).

O açaí é uma bebida produzida a partir da maceração dos frutos em água é cada vez mais conhecida e requisitada pelos mercados consumidores. O preço sempre elevado, mesmo no período de safra, reflete bem o quadro de alta demanda, decorrente do rápido incremento do consumo interno e das exportações, sem o correspondente aumento da produção quase sempre oriunda do extrativismo (MARTINOT, et. al., 2017; VIEIRA, et al., 2018).

Na Amazônia existem duas espécies mais comercializadas: o açaí de touceira (*Euterpe oleracea* Mart.) que predomina entre os estados do Amazonas e Pará, em áreas de várzea e o açaí solteiro (*Euterpe precatoria* Mart.) que ocorre em terras altas e terras baixas (Vieira, et. al., 2018). O estado do Acre, apesar de estar em um bioma com alta oferta hídrica, possui uma estação seca bem definida entre os meses de junho e setembro, onde a média pluviométrica é bastante reduzida, o que influencia diretamente na planta podendo levá-la ao estresse abiótico e redução da produção vegetal.

Segundo Chaves et al., 2009; Mittler e Blumwald, 2010, os estresses abióticos como a deficiência de água, alta insolação e altas temperaturas são alguns dos estresses que estão mais presentes em ambiente agrícolas e silviculturais. A deficiência hídrica inicialmente atinge o crescimento através da redução na turgescência celular e, como consequência, redução na expansão foliar resultando em menor área foliar. Efeitos posteriores incluem reduções na emissão de novas folhas, menor ganho de massa seca, fechamento estomático, redução nas taxas fotossintéticas, redução na produtividade e, em uma fase final, morte da planta (CHAVES et al., 2009; HU et al., 2010).

Outros processos fisiológicos que dependem da disponibilidade hídrica são afetados como: transpiração foliar, expansão da área foliar e alocação de biomassa. Todos esses processos são influenciados pela redução da água disponível e podem trazer sérias complicações para o desenvolvimento vegetal (Bartherls e Sunkar, 2005). Estudos que

procurem conhecer as modificações que ocorrem durante esse período em plantas de elevado interesse econômicos são de fundamental importância. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes regimes hídricos sobre parâmetros fotossintéticos e fisiológicos das duas espécies: o açaí de touceira (*Euterpe oleracea* Mart.) e açaí solteiro (*Euterpe precatoria* Mart.).

2 REVISÃO DE LITERATURA

O açaí é o fruto produzido por uma palmeira popularmente conhecida como açazeiro, cujo vinho faz parte da vida do homem da floresta, do morador ribeirinho e, principalmente, dos habitantes das áreas de várzeas do estuário amazônico. Economicamente, seu consumo só vem crescendo nos últimos anos, principalmente no mercado nacional e internacional, provocado pelo sucesso desse produto em diferentes empreendimentos (IDAM, 2017).

No fim dos anos 90, boa parte de sua produção na região amazônica vinha do extrativismo vegetal, como atividade primária ou regime de exploração, dado o seu potencial em prover a subsistência das populações tradicionais que buscam conciliar o desenvolvimento rural com o uso sustentável das florestas, mediante a coleta sustentável dos produtos florestais não-madeireiros (SANTANA, 2007).

É preciso analisar que com o aumento do consumo, tem motivado a implantação do cultivo de açaí em terra firme em sistemas de manejo tecnológico. Além do plantio em sistemas agroflorestais. Mas mesmo com esse incremento das áreas de plantio em diversos estados da Amazônia, a parcela da produção originada pela exploração de açais nativos ainda responde pela quase totalidade das safras anuais (HOMMA, 2017; MARTINOT, et. al., 2017; PINTO, 2018)

2.1 A IMPORTÂNCIA DO AÇAIZEIRO

O açazeiro é uma cultura de grande importância socioeconômica para a região amazônica, principalmente para o estado do Pará, que é atualmente o maior produtor de frutos e consumidor do vinho do açaí (*E. oleracea*), uma bebida obtida pela maceração manual ou mecânica da polpa dos frutos e comercializada in natura ou congelada em embalagens de diferentes tamanhos para a fabricação de sorvetes, picolés, bebidas energéticas em academias de ginástica, e como complemento ou substituto das principais refeições, principalmente das populações ribeirinhas (OLIVEIRA et al., 2002; COSTA, 2017; PINTO, 2018).

O cultivo comercial do açazeiro nos estados do Acre, Amazonas e Rondônia é pouco significativo, quando comparado à área extrativista do açaí solteiro (*E. precatoria*), sendo explorado predominantemente por pequenos e médios açaicultores com pouca tecnologia, não consorciadas e em regime de irrigação. Sendo que os principais produtores do açaí na região são as comunidades tradicionais como comunidades ribeirinhas, quilombolas, áreas indígenas e de antigas colocações de seringais nativos desativados além de reservas extrativistas (VIEIRA, et. al., 2018).

A produção de extração vegetal nacional de açaí é de 219.885 toneladas, destacando o estado do Pará como maior produtor com 141.913 toneladas por ano do fruto, sendo que o vinho do açaí é consumido diariamente pela população paraense acompanhado pela farinha de mandioca ou de tapioca, ou mesmo junto das principais refeições, como camarão, peixe, carnes etc., constituindo-se na base da alimentação cotidiana. No acre a produção é bastante inferior com 4.665 toneladas por ano, mesmo assim o estado se configura como o quarto maior produtor (IBGE, 2018a).

No Acre o açaí solteiro tem ocorrência natural em todos os municípios, sendo os principais produtores em sistemas extrativistas Feijó, Tarauacá, Cruzeiro do Sul, Rio Branco, Plácido de Castro e Brasiléia (Vieira, et. al., 2018; Costa, 2017). A sazonalidade do fruto e a cultura onde o principal produto do extrativismo é a castanha (*Bertholletia excelsa*) pesam contra a produção acreana. De acordo, com dados da produção agrícola municipal de 2017, o cultivo racional tem se expandido, há uma política governamental no intuito de estimular o plantio comercial do açazeiro (COSTA, 2017; IBGE, 2018b).

Assim sendo de 2011 a 2018, o governo estadual incentivou o plantio 5 mil hectares por meio da agricultura familiar e da iniciativa privada. E nos últimos 4 anos ocorreram pesquisa em parceria com a Embrapa e investimentos privados para cadeia produtiva do açaí, com maior ênfase em sistema de irrigação, adubação mineral e acompanhamento técnico para cultivar BRS Pará açaí touceira e plantio consorciado com açaí solteiro. Apesar de a iniciativa privada ser em menor proporção estima-se que esta quando começar a produzir será capaz de dobrar a produção (ESTANILAU, 2015; BRYAN, 2016; NOGUEIRA ET. AL., 2017).

2.2 GÊNERO *Euterpe*

O gênero *Euterpe* possui basicamente 28 espécies (Oliveira et al., 2002). Distribuídas na América Central e do Sul, as espécies ocorrem em florestas pluviais tropicais, frequentemente ao longo dos rios (Alves e Demattê, 1987). Desenvolve em condições de clima quente e úmido, cresce bem em locais com temperaturas médias mensais acima de 18°C, não tolerando secas prolongadas (Nogueira e Homma, 1998). Segundo o sistema de Cronquist (1981), o açazeiro é planta monocotiledônea que pertencem à ordem Arecales, da família Arecaceae. Na Amazônia, ocorrem cinco espécies de açazeiro, no entanto apenas três apresentam uso potencial: o *E. oleracea* (touceira), a *E. precatoria* (solteiro) e a *E. edulis* (juçara).

O açazeiro de touceira e solteiro são facilmente encontrados na Amazônia nas margens de rios e lagos da bacia amazônica e em áreas de terra firme, enquanto a juçara encontra-se distribuída no estrato médio da floresta da Mata Atlântica (RIBEIRO et al., 2011).

As espécies mais importantes, do ponto de vista agroindustrial são a touceira e a juçara e, secundariamente, o solteiro. Pois, a espécie *Euterpe precatoria*, não possui perfilhos e apresenta uma produção menor, quando comparado a espécie *Euterpe oleracea*, além de possuir características ecológicas e dendrométricas que dificultam sua coleta e acaba não sendo de fato a espécie indicada no mercado de palmito e polpa (Pinto, 2018). Mesmo assim o açazeiro tem uma multiplicidade de usos, que o destaca no setor agroindustrial principalmente como fonte de extração de palmito e pela utilização de seus frutos para a produção da polpa (VILLACHICA et al., 1996).

Para Oliveira et al. (2000), a região do estuário amazônico é considerada o centro de origem, assim como o centro de diversidade genética do açaí de touceira, com variações entre e dentro das populações dessa espécie. Esta espécie está mais concentrada na região da Amazônia Oriental, nas proximidades do Rio Amazonas, devido aos terrenos destas áreas terem fluxo e refluxo das marés, sendo submetidos a periódicas inundações.

2.2.1 Característica botânica (*Euterpe oleracea* Mart.)

O *E. oleracea* Mart., ocorre no Panamá, na costa do pacífico do norte do Equador e Colômbia, Trinidad, Venezuela, Guianas e Brasil (Amapá, Maranhão, Pará e Tocantins). É uma espécie pouco tolerante ao estresse hídrico, requer elevadas temperaturas médias anuais e abundante insolação (HENDERSON, 2000; VIEIRA, et. al., 2018).

É comumente conhecido como açai touceira, é considerada uma palmeira cespitosa, ou seja, que cresce em touceiras podendo atingir de 25 a 30 metros de altura. O caule é do tipo estipe, liso, delgado e encurvado que possui aproximadamente de 15 a 25 centímetros de diâmetro, formando no ápice um capitel que sustenta de 12 a 14 folhas pinadas (Martins, 2005; Rogez, 2000). Cada planta produz em média de três a oito inflorescências do tipo infrafoliares, pois crescem na base das bainhas das folhas sendo envolvidas por brácteas conhecidas por espatas que, ao abrirem, expõem o cacho constituído por uma ráquis e um número variável de ráquulas onde estão inseridas flores masculinas e femininas (CANTO, 2001).

O açazeiro touceira forma novos estipes na base da touceira a cada ano, sendo a sua regeneração teoricamente infinita. Contudo, no cultivo do açazeiro, procura-se limitar o número de estipes adultos por touceira a três, quatro ou, raramente cinco (ROGEZ, 2000).

Cada estipe pode produzir de 3 a 8 cachos por ano dependendo da fertilidade e umidade do solo e da intensidade luminosa. Quando maduro os cachos formam milhares de frutos que se caracterizam por drupas globosas, com epicarpo de cor violeta, com cerca de 1,0 a 1,5 centímetros de diâmetro e pesando entre 0,8 e 2,3 gramas. O mesocarpo é fibroso com 1 milímetro de espessura e envolve o endocarpo volumoso e duro. A semente é constituída por um endosperma ruminado e abundante que aloja o embrião diminuto (OLIVEIRA et al., 2002; HENDERSON; GALEANO, 1996).

Quanto ao período de maior produção da espécie *Euterpe oleracea* há dois períodos: 1) safra de inverno (frutos com maturação desigual, qualidade inferior) - janeiro a junho; 2) safra de verão (maturação uniforme, frutos de melhor qualidade) – agosto a dezembro (BRASIL, 1998; VIEIRA, et. al., 2018).

2.2.2 Característica botânica (*Euterpe precatoria* Mart.)

O *E. precatoria* ocorre principalmente nos estados do Acre, Rondônia e Amazonas, nas florestas de baixio, baixo ou várzea, e em Floresta de terra firme (Rocha, 2004). Possui características semelhantes ao *Euterpe edulis* Mart. que ocorre na Mata Atlântica e pode ser encontrado em áreas com até 2.000 m de altitude para (HENDERSON, 1996).

Na região do Acre, é conhecido como açai solteiro, por ser uma palmeira de monocaule, com raízes adventícias na base do estipe, de 1,5 cm purpúreas alcançando até 80 cm do nível do solo (Castro; Bovi, 1993). O caule é do tipo estipe único, atingindo de 20 m a 25 m de altura, ereto ou levemente inclinado, liso ou com visível anelamento, sem espinhos, de cor cinza claro e não perfilha (PARENTE et al., 2003; SILVA, 2011; NOGUEIRA et al., 2017).

Os frutos, por sua vez, são globosos com 0,9 cm a 2 cm de diâmetro, de superfície lisa, com epicarpo cor púrpura escuro, quando atingem a maturidade têm um mesocarpo suculento de aproximadamente 1 mm de espessura, que constitui de 5% a 15% do volume do fruto (Rocha, 2004). Sua produtividade está altamente relacionada com o ambiente que se encontra, nas áreas de baixio apresentam uma produção média de 7,5 kg/palmeira/ano e nas áreas de terra firme produção média de 6,2 kg/palmeira/ano (Rocha, 2004). Seu período de frutificação inicia-se a partir do terceiro ano após o plantio, ocorrendo produção praticamente o ano todo. O período de produção da espécie vai de janeiro a agosto.

2.3 Fotossíntese em plantas C₃

Os vegetais clorofilados transformam energia, que provem do sol sob a forma de luz, convertendo-a em energia química, usando água e gás carbônico (CO₂), promovendo assim manutenção da vida na Terra, e a este processo é conhecido como fotossíntese Kluge (2003), podendo também ser denominada como síntese usando a luz ou síntese mediada pela luz (ODUM e BARRET, 2007).

Assim sendo, a fotossíntese consiste em duas fases vinculadas e independentes. Uma delas é de caráter fotoquímico e compreende a reação luminosa com absorção de

luz e o transporte de elétrons e a outra é bioquímica, com as reações de carboxilação onde ocorre a captação do CO_2 e a formação de compostos que unem os átomos de carbono e retêm a energia absorvida a partir da luz nas ligações químicas das moléculas formadas (TAIZ et. al., 2017).

A captação da luz ocorre no fotossistema II (PSII) e no fotossistema I (PSI) que é efetuada pelos complexos de antenas conhecidos por complexo de captura de luz II (LHCII) que ocorre PSII e complexo de captura de luz I (LHCI) que ocorre no PSI, onde algumas proteínas as quais as clorofilas se associam formando uma espécie de antena que maximiza a energia absorvida conhecidas como proteínas antenas clorofilas a/b (RAVEN, 2001; TAIZ et. al., 2017).

Após a absorção de energia ocorre um processo de ressonância, onde várias moléculas de clorofila transferem a energia para um centro de reação que desestabiliza eletronicamente as clorofilas. Posteriormente as moléculas de água são quebradas e os elétrons dos átomos de hidrogênio são utilizados para o processo de transporte de elétrons. Onde os LHCII e LHCI estão acoplados a uma série de proteínas de membrana presentes nos tilacóides, que ao transferirem elétrons acabam reduzindo (adicionando prótons) o NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato) transformando-o em NADPH. ATP (adenosina trifosfato) é também formado durante este processo. A energia contida neste ATP e no NADPH formados serão consumidas pelo o ciclo de Calvin (TAIZ et. al., 2017).

O ciclo de Calvin-benson consiste em um ciclo semi-aberto de reações químicas que executa uma série de adições de moléculas de carbono, utilizando o C do CO_2 para alongar moléculas de 3 carbonos (ácido 3 fosfoglicérico – 3PGA) até moléculas de 6 carbonos (frutose-6-fosfato, um açúcar). A maior parte da frutose-6-fosfato formada será utilizada no metabolismo para a produção de amido no cloroplasto e uma outra parte será descarboxilada (isto é, perderá o equivalente a uma molécula de CO_2), formando novamente o composto Ribulose 1,5 bisfosfato (RuBP), que entrará no ciclo de carboxilação novamente e reiniciará o ciclo. É por isto que o ciclo de Calvin é considerado semi-aberto. O CO_2 penetra no mesofilo através dos estômatos, sendo, portanto, essencial que estes estejam abertos. A partir da câmara subestomática, o CO_2 entra nas células é capturado por um complexo enzimático altamente sofisticado chamado de Ribulose 1,5 bisfosfato carboxilase (RUBISCO) que fica nas membranas dos tilacóides. Este complexo enzimático tem dois substratos, o CO_2 e a RuBP, sendo, portanto, o elemento que fecha o ciclo de carboxilação. No ciclo de Calvin-benson, há dois caminhos de carboxilação. Em um deles a via tem início com um composto de 3 carbonos (3PGA) e por isto é

chamada de via C3. Plantas como soja, milho, feijão e todas as árvores que tiveram a fotossíntese estudada até o momento, usam a via C3 para a fotossíntese (BASSHAM e KRAUSE, 1969; LEEGOOD, 1990).

Algumas plantas, principalmente gramíneas (cana-de-açúcar e milho p.ex.) e parte das bromélias, desenvolveram um sistema complementar à via C3 chamado de via C4. Este sistema permite à folha o armazenamento de ácidos com 4 carbonos antes de estes serem captados pela RUBISCO. Neste caso há uma mudança morfológica importante que é a existência de uma bainha vascular, uma camada adicional de células que envolve os feixes vasculares. O CO₂ é captado nestas células do mesofilo pela enzima fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPc), presente nas células do mesofilo, a qual forma um composto de 4 carbonos que poderá ser descarboxilado a 3PGA e usado pela RUBISCO, presente nas células da bainha vascular (STRECK, 2005).

Plantas suculentas de deserto ou habitats sujeitos a secas periódicas apresentam fotossíntese diferenciada das plantas C3 e C4. Elas apresentam o metabolismo ácido crassuláceo, por isso são conhecidas como plantas CAM. São caracterizadas por fecharem os estômatos durante o dia, assimilando o CO₂ durante a noite (PEPcase;malato/4C). Pode-se ver anteriormente que existem três grupos de plantas (C3, C4 e CAM) que assimilam o CO₂ atmosférico de forma diferente durante seus ciclos fotossintéticos. As duas principais vias bioquímicas para a fixação de carbono são as de plantas com o ciclo fotossintético de Calvin-Benson (denominado C3) e de Hatch-Slack (denominado C4). Essa nomenclatura refere-se ao fato de o primeiro composto orgânico sintetizado conter 3 e 4 átomos de carbono, respectivamente (LEHNINGER, 2003; BELTRÃO E DE OLIVEIRA, 2008).

No entanto, existe uma característica que ocorre somente em plantas C₃ e a diferencia das demais que é o ciclo fotossintético oxidativo C₂ do carbono. A RUBISCO enzima atuante no ciclo de Calvin-Benson catalisa tanto a carboxilação como a oxigenação da ribulose-1,5-bisfosfato. As moléculas de CO₂ e O₂ competem na reação catalisada pela rubisco, visto que, carboxilação e oxigenação ocorrem no mesmo sítio ativo da enzima (SOUZA et al., 2008).

Na reação de oxigenação o O₂ reage com a ribulose-1,5-bisfosfato e produz um composto de três carbonos (3-fosfoglicerato) e outro de dois carbonos (2-fosfoglicolato). Estes dois carbonos gerados pela atividade oxigenase, na forma de 2-fosfoglicolato, passa por uma rede de reações enzimáticas coordenadas, conhecida como fotorrespiração que serve para recuperar estes dois carbonos (TAIZ, et. al., 2017). Este ciclo envolve três

compartimentos celulares: cloroplasto, peroxissomos foliares e mitocôndria. O ciclo se inicia no cloroplasto com a formação do glicolato a partir do 2-fosfoglicolato. O glicolato migra para o peroxissomo onde é convertido para glicina (aminoácido) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Esta organela é rica em uma enzima conhecida como catalase, a qual degrada o H_2O_2 , que é tóxico para a célula (FRIDLAND e SCHEIBE, 1999).

A glicina migra do peroxissomo para a mitocôndria. Duas moléculas de glicina (2C) produzem uma molécula de serina (aminoácido com 3 carbonos). Nesta etapa ocorre liberação de NH_3 e de CO_2 . Como se vê, ocorre consumo de O_2 (no cloroplasto) e liberação de CO_2 (na mitocôndria), por isso chama-se fotorrespiração. Posteriormente a serina (3C) formada na mitocôndria migra para o peroxissomo onde é convertido para glicerato. O glicerato (3C) migra para o cloroplasto onde é convertido para 3-fosfoglicerato (3C), com gasto de ATP (HELDT e HELDT, 2005).

Assim, duas moléculas de fosfoglicolato ($2 \times 2 = 4$ carbonos), geradas pela atividade oxigenase da rubisco, produzem uma molécula de 3-fosfoglicerato (3C) e uma molécula de CO_2 . Neste caso, 75% do carbono gerado pela oxigenase é recuperado e retorna para o ciclo de Calvin. No entanto, o grau de perdas de carbono pela fotorrespiração depende das concentrações de CO_2 e O_2 , das propriedades cinéticas da rubisco e da temperatura, e tende a ser maior que 25% em condições normais do ambiente (TAIZ et. al., 2017)

Em geral, nas temperaturas elevadas de regiões tropicais as perdas pela fotorrespiração podem ser bem maiores. O aumento na temperatura diminui a solubilidade dos gases, sendo que a temperatura afeta mais a solubilidade do CO_2 do que a do O_2 . Portanto, a fotorrespiração reduz a assimilação líquida de CO_2 , ou seja, reduz a fotossíntese líquida (WALTER e STRECK, 2015) .

2.4 Respostas das plantas ao déficit hídrico

Ecologicamente, água é de importância vital, sendo assim como a temperatura, fator determinante para a distribuição e a diversidade de espécies de plantas nas superfícies do globo. Portanto, o quanto uma planta tem o crescimento limitado em seu habitat devido as condições de deficiência hídrica, depende da sua capacidade de resistência a falta de água, e das condições preponderantes no habitat (LARCHER, 2000).

A deficiência hídrica pode causar alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares em plantas, com queda nas taxas de assimilação líquida de CO₂, maiores valores de abscisão foliar, senescência e fotorrespiração, sendo que a magnitude das alterações dependerá da intensidade do déficit. Isto levará primeiro a um estado de aclimação e, mais tarde, com a intensificação e duração do estresse, ocorrerá danos funcionais e perda de produtividade. Sob condições de déficit hídrico, ocorrerá também a perda de turgescência, e embora a planta realize o ajuste osmótico, ainda assim a mesma pode sofrer uma redução do seu potencial hídrico na folha e conseqüentemente levando ao fechamento dos estômatos. Dessa forma, poderá haver limitação das trocas gasosas com redução da transpiração e da fotossíntese, podendo ocasionar a interrupção do crescimento dos tecidos (ZIVCAK et al., 2015).

As probabilidades de sobrevivência de uma planta sob estresse hídrico extremo são maiores quando a mesma se resguarda da dessecação, ou seja, quando a planta consegue realizar o adiamento da diminuição dos valores de potencial hídrico do protoplasma e quando for maior a tolerância a dessecação, que se trata da capacidade do protoplasma de tolerar a dessecação sem apresentar injúrias (LARCHER, 2000).

A deficiência hídrica e todas as suas implicações podem afetar diferentemente o crescimento dos órgãos das plantas. Um dos mecanismos envolvidos na adaptação das plantas a períodos de seca é a alteração no crescimento radicular. Geralmente, a raiz da planta tende a aumentar sua área de superfície de contato com a água, o que por sua vez, proporciona aumento no valor de massa seca de raiz, alterando os valores da relação raiz/parte aérea, resultando na alteração das características morfológicas das plantas (NASCIMENTO, et. al., 2011).

O crescimento pode ser significativamente afetado pelo déficit hídrico, uma vez que as plantas são capazes de controlar a perda de água da transpiração reduzindo a taxa de expansão da folha e evitando a desidratação da transpiração reduzindo a taxa de expansão da folha e evitando a desidratação dos tecidos (Scalon et. al., 2011). A deficiência hídrica pode também modificar componentes morfológicos das plantas, especialmente as folhas, diminuindo a quantidade de folha em relação à planta inteira, pela razão de área foliar, e ainda pela espessura da folha, verificada na área foliar específica. Todas essas medidas realizadas podem ajudar na avaliação das alterações morfológicas das plantas frente ao estresse hídrico (SILVA et. al., 2013).

Um dos principais efeitos observados em plantas sujeitas ao estresse hídrico é a diminuição da taxa fotossintética foliar, devido ao desequilíbrio entre a captura e

utilização da luz, e esta diminuição está relacionada à redução do teor relativo de água e do potencial hídrico (Lawlor et al., 1981).

Desta forma, plantas conduzidas em condições de irrigação normalmente apresentam menor resistência a situações de déficit hídrico no solo, já em plantas submetidas ao estresse hídrico gradual ou a deficiência de água no solo no início do seu ciclo, mais facilmente ocorre a adaptação das plantas. A tolerância da planta ao estresse parece ser um importante mecanismo de resistência, para a manutenção do processo produtivo em condições de baixa disponibilidade de água as plantas (ANDEREGG et al., 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estufa da Horta do campus Rio Branco da Universidade Federal do Acre (UFAC). As plantas utilizadas foram obtidas de matrizes, realizada no viveiro de produção de mudas do Parque Zoobotânico da UFAC, em Rio Branco. Foram utilizadas duas espécies de açaizeiro: açaí solteiro (*Euterpe precatoria* Mart.) e açaí de touceira (*Euterpe oleracea* Mart.), onde as mesmas tinham cerca de 180 dias de idade cultivadas em sacos contendo 2 kg de uma mistura de areia e solo obtido no local. Posteriormente as mudas foram repicadas para vasos plásticos com capacidade de 5 litros. O substrato utilizado foi uma mistura de terra vegetal comercial e areia lavada, na proporção 1:1 (v/v). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com 4 tratamentos hídricos (100%, 75%, 50%, e 25% da capacidade de campo) e 5 repetições, sendo considerada uma unidade experimental um vaso contendo uma planta.

A capacidade de campo para os tratamentos hídricos foi estabelecida previamente como o conteúdo de água retido pelo substrato seco após sofrer saturação e posterior drenagem do excesso. A massa de água retida no substrato foi considerada como 100% da capacidade de campo (Cairo, 1995). A partir daí, os demais tratamentos hídricos (75%, 50% e 25%) foram estabelecidos calculando-se as respectivas porcentagens do peso de água retido no tratamento hídrico 100%. A manutenção dos tratamentos hídricos foi realizada por meio da pesagem diária dos vasos e com as devidas reposições do volume de água transpirada, utilizando-se uma balança digital (ELGIN DP-15 Plus) com capacidade para 15 kg.

3.1 AVALIAÇÃO DA FOTOSÍNTESE E TROCAS GASOSAS

A análise de fotossíntese e as trocas gasosas foram medidas utilizando-se um analisador de gás no infravermelho – IRGA, modelo Li-6400XT (LI-COR Inc., CA, EUA). Em cada medida, foram acessados a fotossíntese líquida (P_N , em $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), a condutância estomática (g_s , em $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), a transpiração foliar (E , em $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) e a pressão parcial de CO_2 (C_i , em Pa). Para tanto, foi utilizada a parte mediana do folíolo. Nas referidas medidas, a temperatura da câmara foi mantida em 28 °C, a concentração de

CO₂ externa (referência) mantida à 400 ppm e a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativa (PPFD) na folha foi mantida em 1200 $\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A partir dos dados coletados foi obtido a eficiência do uso da água (EUA), calculado a partir da razão de P_N para E (Vu and Allen Jr., 2009) e a eficiência de carboxilação (EC) como a razão de P_N para C_i (Sato et al., 2010).

3.2 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a*

Ao mesmo tempo das medidas de trocas gasosas, foram avaliados parâmetros relacionados a fluorescência da clorofila *a*. Para tanto, utilizou-se um fluorômetro acoplado ao IRGA, modelo Li-6400-40 (Li-Cor Inc., Lincoln, EUA). Dessa forma, os seguintes parâmetros foram acessados: eficiência quântica atual do fotossistema II [$\Delta F/F_m' = (F_m' - F_s)/F_m'$], quenching fotoquímico [$qP = (F_m' - F_s)/(F_m' - F_o')$] e taxa aparente de transporte de elétrons [$ETR = ((F_m' - F_s)/F_m') \times \text{PPFD} \times 0.4 \times 0.84$]. Após 30 minutos em condições de escuro, a eficiência quântica potencial do fotossistema II [$F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$] e o quenching não-fotoquímico [$NPQ = (F_m - F_m')/F_m'$] foram medidos. A energia relativa em excesso (EXC) foi calculada como $EXC = [(F_v/F_m) - (\Delta F/F_m')]/(F_v/F_m)$. Para avaliação de ETR, 0,5 usou-se como a fração de energia de excitação distribuída para o fotossistema II em plantas C3 e 0,85 como a fração de luz absorvida pelas folhas e PPFD como a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos. F_m e F_o são, respectivamente, fluorescência máxima e mínima de folhas adaptadas ao escuro; F_m' e F_s são, respectivamente, fluorescência máxima e em equilíbrio dinâmico em folhas adaptadas ao claro e F_o' é a fluorescência mínima após iluminação no vermelho-distante de folhas previamente expostas à luz (GENTY et al., 1989; SCHREIBER et al., 1994; SILVA et al., 2010).

3.3 CURVAS DE FOTOSSÍNTESE EM RESPOSTA AO CO₂

Para uma análise mais profunda da fotossíntese, realizaram-se curvas de fotossíntese em resposta ao CO₂ (P_N-C_i). Foram fornecidas quantidades diferentes de CO₂ para o tecido vegetal em análise, na ordem que segue, em ppm: 400, 300, 200, 100, 0, 400, 600, 800, 1200, 1600. Esta ordem é necessária para máxima abertura estomática. Durante a realização da curva, a temperatura (28°C), umidade relativa (70%) e PPFD (1000 μmol.m⁻².s⁻¹) foram mantidas constantes. Após a medida, os dados foram plotados e analisados de acordo com metodologia de Farquar, 1980 e Sharkey, 2007. Essa análise permitiu calcular a velocidade máxima de carboxilação da rubisco (V_{cmax}), taxa máxima de transporte de elétrons (J_{max}), limitação pelo uso de trioses-fosfato (TPU), taxa de respiração no claro (RL) e posterior cálculo de fotorrespiração (PR), segundo Bagard et al., 2008.

3.4 CONTEÚDO RELATIVO DE ÁGUA E DANO DE MEMBRANA

Para a determinação do conteúdo relativo de água (CRA), retiraram-se 10 discos de mesmo diâmetro da mesma folha utilizada nas avaliações de trocas gasosas e fluorescência. Os mesmos foram pesados para a obtenção da massa fresca (MF) e, em seguida, imersos em 18 mL de água deionizada por 24h a 4°C e no escuro. Após este período os discos foram novamente pesados para a obtenção da massa túrgida (MT). Posteriormente, estes discos foram levados a estufa de circulação forçada de ar à 65°C até atingir massa constante (aproximadamente 4 dias), e, após o referido período, foram pesados para obtenção da massa seca (MS). Em seguida o CRA foi obtido a partir da formula: $CRA = [(MF-MS)/(MT-MS)] \times 100$. O resultado foi expresso em percentual e a metodologia descrita está de acordo com Cairo (1995).

O dano de membrana (DM) foi estimado a partir do vazamento de eletrólitos utilizando dez discos foliares obtidos da mesma folha utilizada para o CRA. Esses discos foram imersos em 18 mL de água deionizada por 24h. Posteriormente, a condutividade elétrica dessa suspensão foi mensurada utilizando-se um condutivímetro de bancada modelo (mCA-150), onde se obteve a primeira condutividade (C1). Logo após, o material foi levado a banho-maria

a 100°C durante 1h e, após resfriamento, foi feita nova medição da condutividade elétrica, obtendo-se a segunda condutividade (C2). Para obtenção do DM, as medidas foram inseridas na fórmula: $DM = (C1/C2) \times 100$ (MARTINS, 2012).

3.4 TEORES DE CLOROFILAS E CAROTENÓIDES

Para determinação dos teores de clorofilas e carotenoides seguiu metodologia descrita por Lichtentaler e Wellburn (1983), onde os discos das mesmas folhas utilizadas para o CRA e DM, foram retirados e cortados em pequenos pedaços, em seguida, foram colocados em tubos de ensaio protegidos da luz (envolvidos com papel alumínio) contendo 7 mL de acetona 80%. Os tubos foram colocados em geladeira a 4°C por 48h para extração dos pigmentos. Posteriormente, a acetona com os pigmentos extraídos foi levada a espectrofotômetro (JENWAY 6705 UV/Vis) para leitura da absorbância nos comprimentos de onda 663, 647 e 470 nm. De posse das leituras observadas nos respectivos comprimentos de ondas, determinou-se, utilizando as equações de acordo com Lichtentaler e Wellburn (1983): Clorofila total = $(17,3 \times A_{647} + 7,18 \times A_{663})$; Clorofila a = $(12,21 \times A_{663} - 2,81 \times A_{647})$; Clorofila b = $(20,13 \times A_{647} - 5,03 \times A_{663})$ e Carotenoides = $(1000 \times A_{470} - 3,27 \times [\text{clorofila a}] - 104 \times [\text{clorofila b}]) / 229$. Os resultados obtidos foram expressos em mg/L e posteriormente transformados para mg/g de massa fresca.

3.5 ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

Aos 90 dias houve coletas do experimento, para determinação da massa seca, onde as plantas cortadas à altura do colo e divididas em: raiz, caule e folha. Em seguida, os órgãos foram acondicionados separadamente em sacos de papel e levados a estufa de circulação de ar a 65 °C até atingirem peso constante (NOGUEIRA e CONCEIÇÃO, 2000). Posteriormente, todo o material foi pesado em balança analítica e obteve-se a massa seca. De posse desses dados, foi possível calcular a partição de biomassa para cada órgão e a relação raiz/parte aérea.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando houve diferença significativa a 5% de probabilidade, foi realizado um teste de Tukey para comparação das médias, com auxílio do software estatístico SigmaPlot (versão 12.0). Para verificar correlação entre variáveis dependentes relacionadas as trocas gasosas e fluorescência da clorofila, foi realizado um teste de correlação de Pearson, utilizando o mesmo software.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos hídricos aplicados causaram alterações nas trocas gasosas das duas espécies estudadas, *Euterpe precatória* e *Euterpe oleracea*, ao final do período experimental de 90 dias como pode ser observado na figura 1. Percebe-se que o crescimento em ambas as espécies apresentou melhor vigor quando cultivadas a 75% da capacidade de campo.

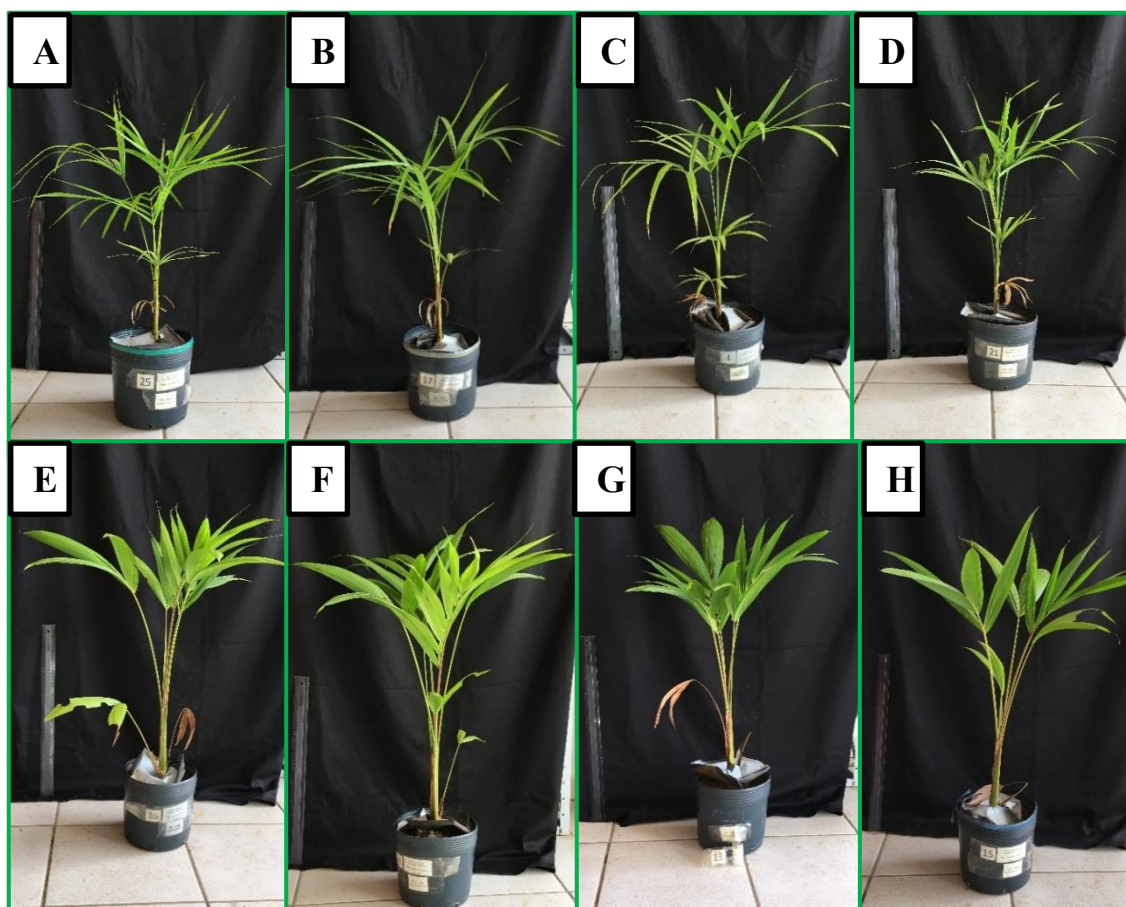


Figura 1 – Aspecto geral das plantas ao final do experimento. De A a D, são os tratamentos de 100%, 75%, 50% e 25% de *E. precatória* e de E a H são os de *E. oleracea*.

A assimilação de CO₂ atmosférico foi afetada em *E. precatória*, onde as plantas desta espécie no tratamento de 50% da capacidade hídrica apresentaram maior fotossíntese e, no tratamento de 100%, houve uma redução de 66,2% (Fig. 2A). Já para *E. oleracea*, observa-se que nas condições de estresse de 25% da capacidade, a fotossíntese foi moderadamente afetada, com uma redução 34,7%, em relação ao

tratamento de 50% que apresentou maior fotossíntese. Porém, entre as espécies os tratamentos não apresentaram grandes diferenças significativas, exceto na situação de maior suprimento hídrico, onde *E. oleracea* não teve a assimilação de CO₂ afetada enquanto que *E. precatoria* foi decrescida.

Provavelmente, as variações foram uma consequência da condutância estomática, pois o fechamento estomático ajuda a manter o elevado teor de água nas folhas, o que resulta na redução da atividade fotossintética e transpiração foliar (TEZARA et al., 2002). Contudo, há referências de que, sob estresse leve, um ligeiro declínio na condutância estomática pode ter efeito protetor, permitindo à planta economizar e melhorar a eficiência do uso da água (CHAVES et al., 2009) e ainda, que os estômatos têm alta capacidade de adaptação às mudanças na disponibilidade de água (GRATANI e GHIA, 2002).

Em contrapartida, a diminuição na condutância estomática pode levar a uma diminuição na concentração intercelular de CO₂ e na transpiração. A C_i é um parâmetro que descreve a disponibilidade de dióxido de carbono para o processo fotossintético, sendo que a redução da C_i pode indicar a ocorrência das limitações dos estômatos (CHAVES et al., 2009), de forma que a maior resistência estomática e do mesófilo reduzem a concentração de CO₂ que pode alcançar os cloroplastos. Na figura 2B, não houve diferenças marcantes na C_i entre as espécies avaliadas.

Já nas Figuras 2C e 2D, a condutância estomática e a transpiração apresentaram uma redução linear entre os tratamentos para *E. oleracea*, mostrando que com a redução da capacidade hídrica abaixo de 50%, ocorre um provável fechamento estomático, que é a primeira linha de defesa das plantas para enfrentar a deficiência hídrica no solo, pois esse mecanismo restringe a perda de água por meio da transpiração. Entretanto, a condutância estomática baixa promove o aumento na resistência da entrada de CO₂ nas folhas diminuindo a taxa fotossintética das plantas (TURNER, 2001). Este mesmo controle estomático não foi observado em *E. precatoria*, onde não foi observada variação nesta espécie entre os tratamentos hídricos (Fig. 2C).

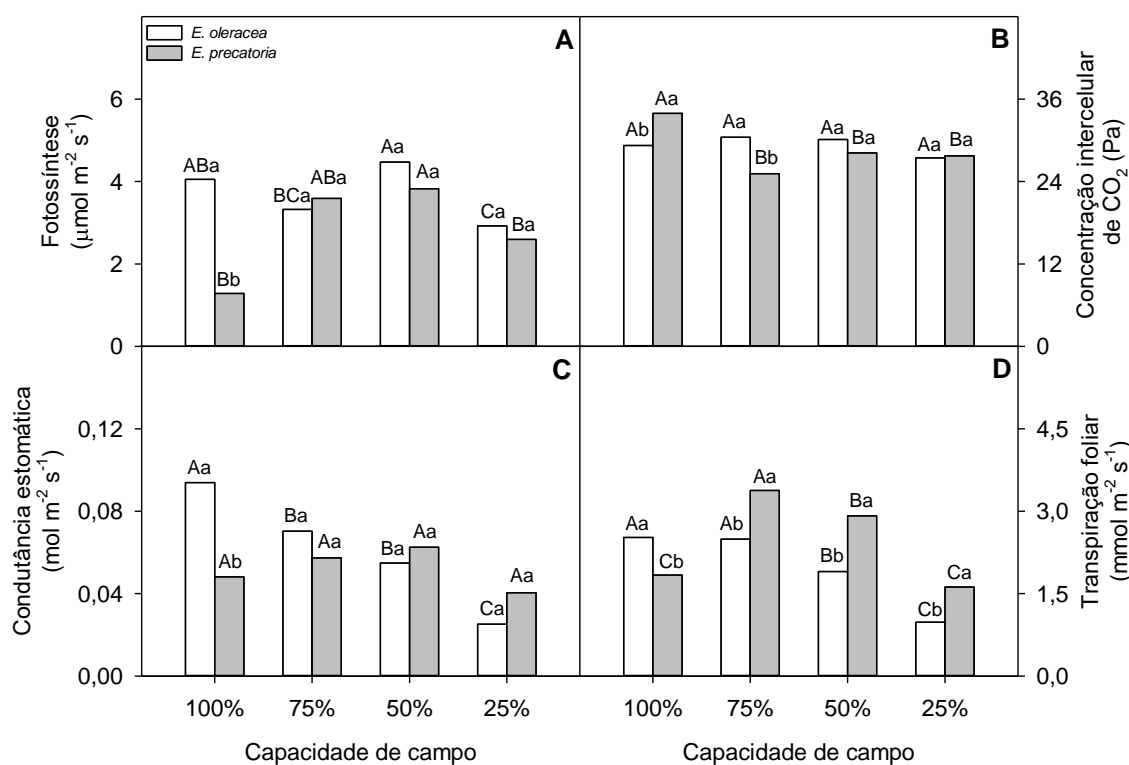


Figura 2 – Fotosíntese (A), Concentração intercelular (B), Condutância estomática (C) e Transpiração foliar (D) em duas espécies de açazeiro submetidas a diferentes capacidades de campo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos hídricos e letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies ($p < 0,05$).

Larcher (2000) cita que a capacidade fotossintética de palmeiras varia em torno de 4 a 8 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o que confirma que o nível mais baixo de umidade no substrato deste trabalho afetou consideravelmente a taxa de assimilação de CO_2 nas mudas do açai de touceira. Calbo e Moraes (2000), estudando os efeitos da deficiência hídrica sobre mudas de açai, inferiram que as plantas de açazeiro possuem mecanismos para tolerar um estresse hídrico moderado. Relacionando-se a tolerância ao déficit hídrico, as mudas de açai podem tolerar déficits hídricos moderados, como na umidade na faixa entre 50% a 75% da capacidade de campo, pois essa umidade teve uma taxa de assimilação de CO_2 dentro da faixa do ideal de acordo com Larcher (2000).

Essas modificações na assimilação de CO_2 e nas trocas gasosas refletem mudanças na eficiência de uso da água (EUA) e na eficiência de carboxilação (EC). A EUA no período de estresse de 90 dias teve um comportamento diferente em ambas às espécies (Fig. 3A). Para *E. precatória*, na capacidade hídrica de 100%, acontece uma redução de

69,4% em relação a capacidade de 75% que teve maior eficiência, o que implica dizer que o ganho de carbono nas menores capacidades de campo não foi totalmente o fator limitante, pois a capacidade hídrica mais severa de 50% e 25% não tiveram diferenças significativas em relação a maior média. Já para *E. oleracea*, houve redução da eficiência no uso da água para as capacidades hídricas de 75% e 50%, essa redução foi 31,2% e 27,7% respectivamente em relação a maior média que foi da capacidade de 25%. Segundo Chaves et al. (2004), as plantas que reduzem a abertura dos estômatos em situação de déficit hídrico controlam melhor uso da água.

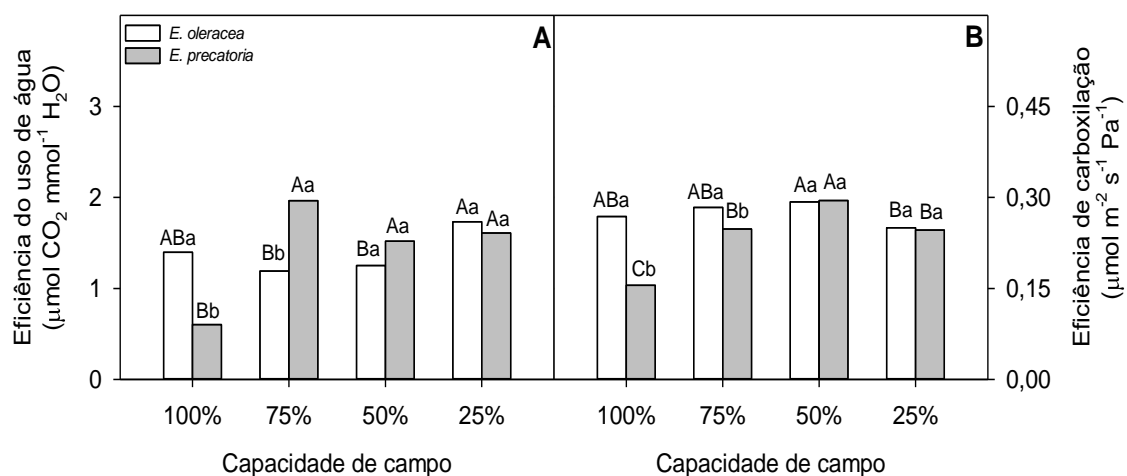


Figura 3 – Eficiência do Uso da Água (A) e Eficiência de Carboxilação em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos hídricos e letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies ($p < 0,05$).

Analisando a eficiência de carboxilação, infere-se uma redução de 44,8% para capacidade hídrica de 100% da *E. precatoria*, em relação a capacidade de 50%, que foi a maior média (Fig. 3B). Esta redução na EC se deu principalmente pela redução na assimilação de CO_2 atmosférico e discreto aumento no C_i . Para Medrano et al., (2002) e Parry et al., (2002) a seca reduz o metabolismo do mesofilo ao diminuir a ativação e a atividade carboxilase da Rubisco. Além disso, a menor eficiência da Rubisco pode ser causada por uma resistência maior do mesofilo devido ao fechamento estomático, restringindo a absorção de CO_2 nos cloroplastos e aumentando a ação oxigenase de Rubisco, e em consequência, a fotorrespiração.

Na figura 4A, observou-se uma diferença significativa para eficiência quântica atual, em função da maior disponibilidade de água, para *E. precatoria* e uma redução

significativa foi observada na capacidade de campo de 25%, para ambas as espécies onde a máxima eficiência de absorção de luz foi afetada pela falta de água no substrato, principalmente na *E. oleracea*.

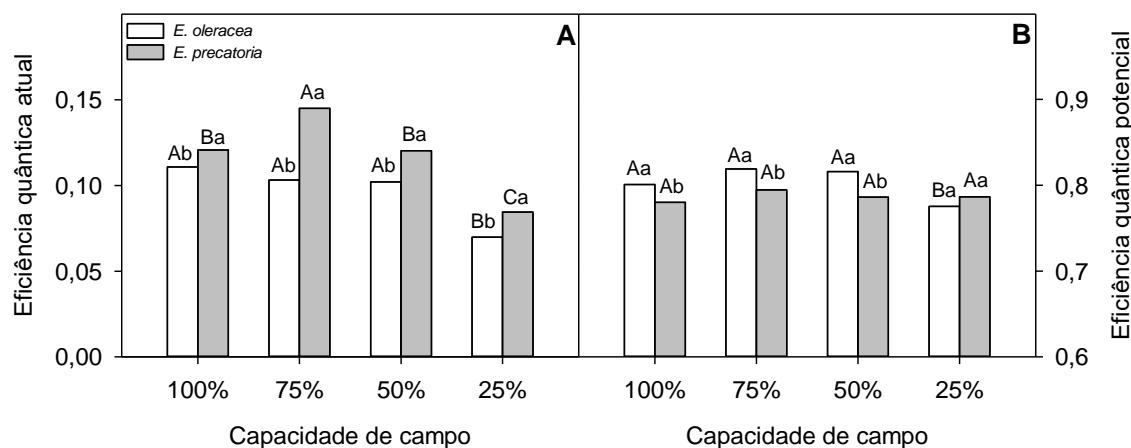


Figura 4 – Eficiência quântica atual (A) e Eficiência quântica potencial (B) em duas espécies de açazeiro submetidas a diferentes capacidades de campo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos hídricos e letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies ($p < 0,05$).

A eficiência quântica potencial (F_v/F_m) é o máximo de fluorescência emitida pela molécula de clorofila, pela qual pode-se inferir a máxima eficiência de absorção de luz pelo fotossistema II (PSII). Na figura 4B, observa-se que para *E. precatoria* não houve diferença significativa entre os tratamentos. Já para *E. oleracea* ocorre uma redução na capacidade de campo de 25%. Assim sendo a relação F_v/F_m tem 75 ou 85% de probabilidade para acontecer, teoricamente, essa porcentagem é o nível ótimo do funcionamento do PSII, o que quer dizer que 75 ou 85% da energia produzida no PSII estão sendo reduzida a quinona A (Lawlor e Cornic, 2002). Portanto, as espécies analisadas estão dentro do limite ótimo de funcionamento do PSII, e os tratamentos não ocasionaram danos aos aparatos fotossintéticos.

Em relação aos dados apresentados na figura 5, *E. precatoria* apresentou maiores valores que *E. oleracea*, em quenching fotoquímico (qP), quenching não fotoquímico (NPQ), taxa de transferência de elétrons no fotossistema II (ETR) e excesso de energia (EXC). Na figura 5A, notou-se que *E. precatoria* manteve seus valores de qP elevados, em média 27,6% acima do *E. oleracea*, o que indica provável regulação fotoprotetora, indicado também pelo quenching não fotoquímico (NPQ), onde no tratamento de menor

disponibilidade hídrica, *E. precatoria* foi superior entre as espécies (Fig. 5B). Segundo Tezara et al. 2002, o NPQ é uma forma de dissipação de energia muito utilizada quando se tem energia em excesso e que não está sendo aproveitada fotoquimicamente. É um recurso muito utilizado em plantas sob estresse seja pelo aumento do gradiente de prótons entre o lúmen e o estroma do cloroplasto, seja pela ação da zeaxantina. Estes resultados poderiam refletir o desempenho dessas duas espécies, indicando maior capacidade de tolerar as condições fotoinibitórias ocasionadas pelo estresse hídrico em *E. precatoria*.

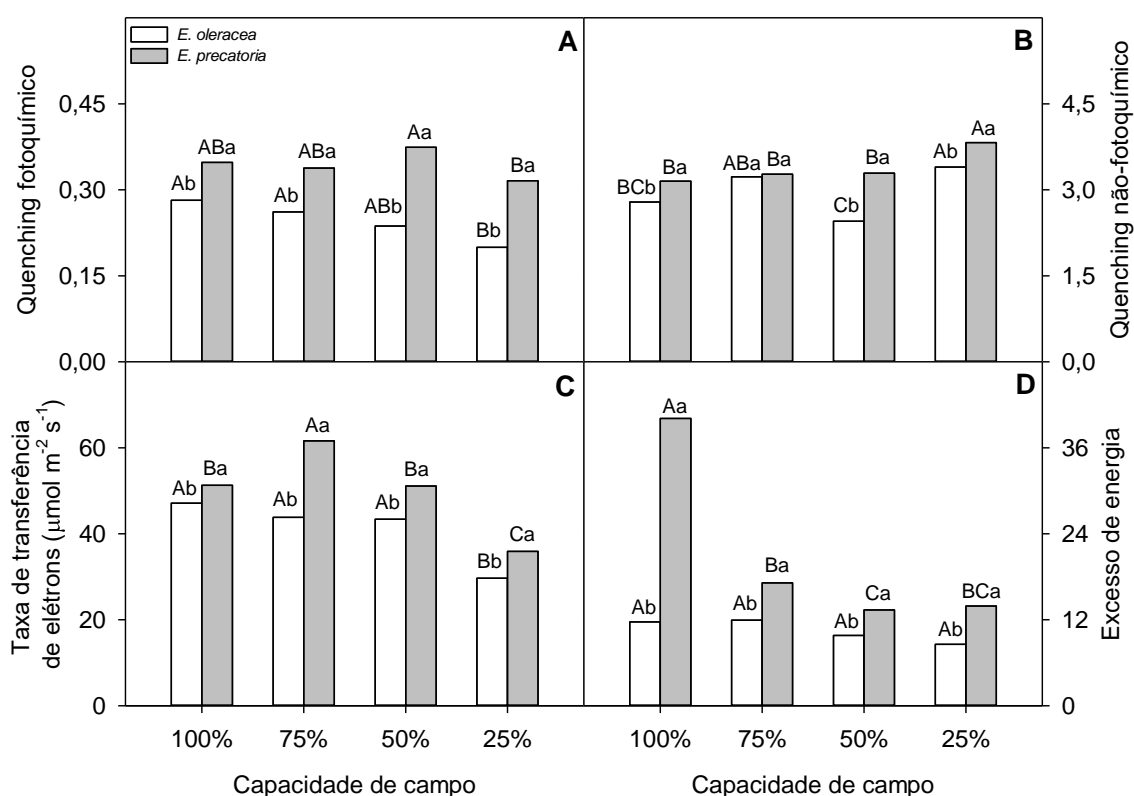


Figura 5 – Quenching fotoquímico (A), Quenching não fotoquímico (B), Taxa de Transferência de elétrons (C) e Excesso de Energia (D) em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos hídricos e letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies ($p < 0,05$).

Na figura 5C e 5D, notou-se uma maior taxa de transporte de elétrons (ETR) e excesso de energia (EXC) em *E. precatoria*, sendo que o tratamento de 75% da capacidade de campo, apresentou uma maior taxa de transporte de elétrons. Já o tratamento de 100% da capacidade de campo apresentou um excesso de energia

extremamente elevado, 133,68% em relação ao tratamento de 75%, possivelmente com esse resultado pode-se inferir que o excesso de água não favorece o melhor desenvolvimento para planta, podendo ocasionar uma limitação bioquímica. Já em *E. oleracea*, o ETR sofreu uma queda gradual entre os tratamentos, apresentando uma diferença significativa na capacidade de 25% com redução de 36,9%, em relação ao excesso de energia a mesma não apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

O vazamento de eletrólitos em folhas e o dano de membrana não apresentaram variações significativas entre as espécies e entre tratamentos, assim como no conteúdo relativo de água, indicando que as plantas tratadas não sofreram estresse nessas condições no período experimental (Fig. 6).

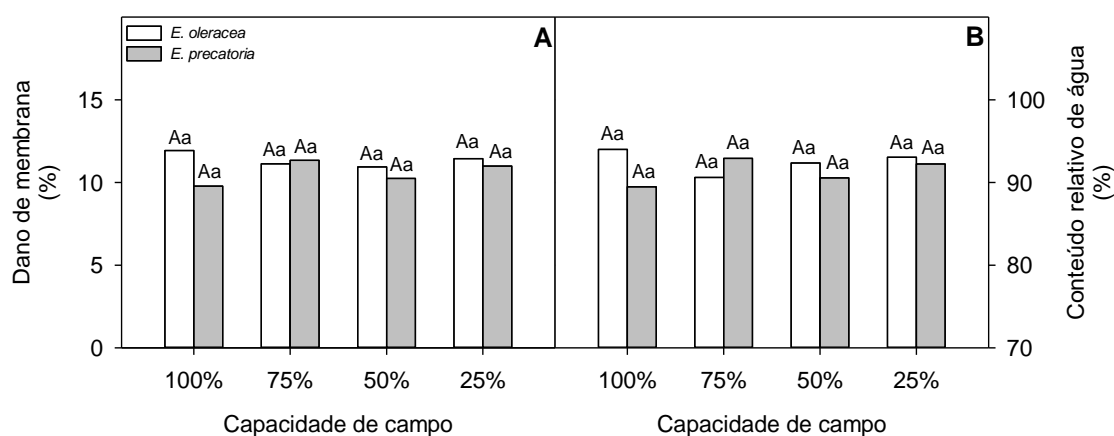


Figura 6 – Dano de Membrana (A) e conteúdo relativo de água (B) em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos hídricos e letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies ($p < 0,05$).

O controle da abertura estomática é um mecanismo utilizado pela planta para restringir os danos aos tecidos, sendo um dos primeiros mecanismos de defesa contra a seca da folha (Chaves et al., 2009). Uma das consequências neste estágio de seca é o aumento da permeabilidade celular e a saída de íons da célula (Dexter et al., 1932). Essa extrusão de íons pode ser avaliada pela medida da condutividade elétrica e portanto, ela permite inferir o grau de tolerância protoplasmática foliar a seca. Sharkey et al., 2007, em seus estudos consideram as membranas vegetais como um alvo principal das espécies reativas de oxigênio (ROS) sobre condições de estresses, sendo a peroxidação de lipídeos um marcador bioquímico do estresse oxidativo em plantas. Esse processo de peroxidação resulta em um possível aumento no extravasamento de eletrólitos e na quantidade de

algumas substâncias intermediárias, como o malondialdeído (MDA) (SHARMA et. al., 2007).

O conteúdo de clorofila nas folhas é frequentemente utilizado para estimar o potencial fotossintético das plantas, pela sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa. Uma planta com alta concentração de clorofila é capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de “quanta” na unidade de tempo. Entretanto, nem sempre esta relação existe, pois, a etapa bioquímica da fotossíntese pode limitar o processo (PORRA et al,1989; CHAPPELLE e KIM,1992).

Assim sendo, observa-se alterações entre as duas espécies nos teores de pigmentos (Fig. 7). Para *E. oleracea* quando submetidas ao estresse de 50% da capacidade de campo, apresentou valores superiores principalmente em clorofilas totais. No entanto, em *E. precatória* houve uma redução das clorofilas totais no tratamento de 25% da capacidade de campo. Esse resultado corrobora com estudos de Lu et al., 2014 e Liu et al., 2016 onde estes autores mostram que o estresse por seca pode ocasionar normalmente essa leve perda de clorofila e conseqüentemente um declínio progressivo da capacidade fotossintética, sanidade e integridade dos aparatos internos da célula durante o processo de fotossíntese.

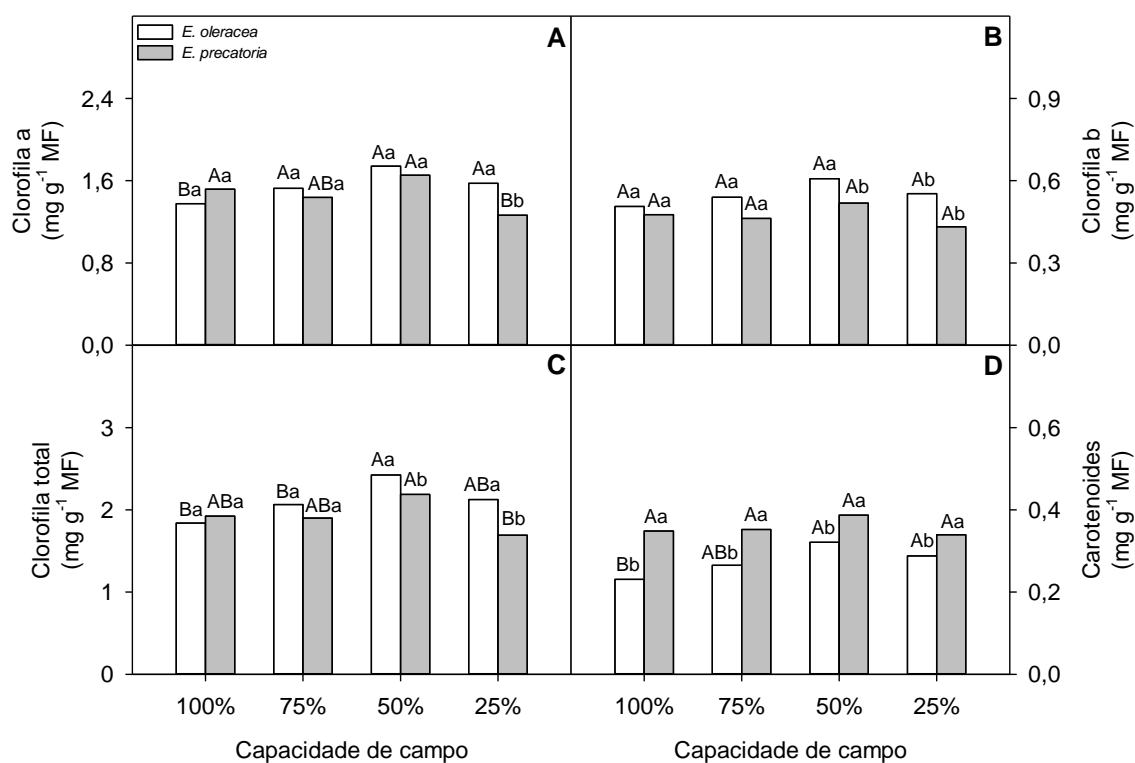


Figura 7 – Clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e carotenoides (D) em duas espécies de açazeiro submetidas a diferentes capacidades de campo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos hídricos e letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies ($p < 0,05$).

Na figura 7D, notou-se que os pigmentos de carotenoides para *E. precatoria* não foram afetados com a diminuição da água no substrato, sendo superior entre as espécies em ambos os tratamentos. Já para *E. oleracea*, a capacidade de campo de 100% apresentou uma redução de 29,41%, quando comparada com o tratamento de 50%. Portanto, não houve danos ao aparato fotossintético devido a redução dos teores de clorofila e carotenoides.

Na Figura 8, observa-se que a relação clorofila a/b, não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos nas espécies. Porém, entre as espécies a *E. precatoria* foi superior a *E. oleracea*.

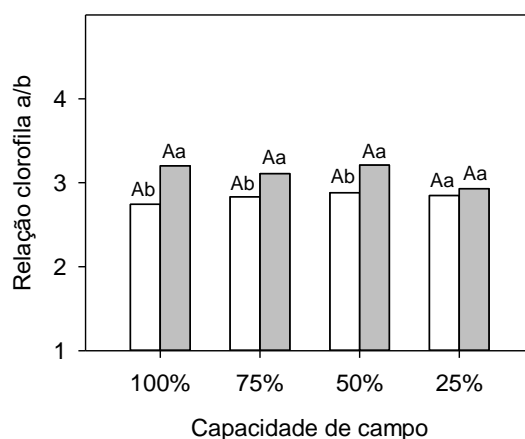


Figura 8 – Relação clorofila a/b em duas espécies de açazeiro submetidas a diferentes capacidades de campo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos hídricos e letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies ($p < 0,05$).

De acordo com Benincasa (2003), a alocação de biomassa nos diversos órgãos da planta permite inferir processos fisiológicos como a translocação orgânica, e sua análise facilita bastante a compreensão do comportamento vegetal em termos de produtividade. Em geral, todos os parâmetros de produção de biomassa seca nos tratamentos sob déficit hídrico de 25%, foram reduzidos para *E. oleracea*, como observa-se nas Figuras 9A, 9B e 9D. Porém, na figura 9C, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Em *E. precatória* não houve diferenças significativas entre os tratamentos para massa seca de folha e de caule, para a massa seca de raiz e total, a mesma apresentou diferença significativa principalmente no tratamento de 25% como observa-se nas Figuras 9C e 9D, uma redução de 28,9% e 14,3% respectivamente. É relatado por diversos autores que plantas submetidas à deficiência hídrica acumulam fotoassimilados na raiz em função da paralisação do crescimento da parte aérea. Representando assim, uma tentativa de contornar a seca por meio do acréscimo da área de absorção raiz no solo (SILVA, et. al., 2008; NOGUEIRA e CONCEIÇÃO, 2000; FIGUEIRÔA, et. al., 2004).

Estas informações corroboram com os dados aqui apresentados, onde a produção de biomassa das diferentes partes da planta foi influenciada pelo déficit hídrico no tratamento de 25% da capacidade hídrica em *E. oleracea*. Griffiths e Parry (2002) sugeriram que a redução da produção de fitomassa seca, em plantas sujeitas a estresse hídrico, se torna mais visível na medida em que a exposição ao estresse é mais prolongada, como foi observado neste trabalho.

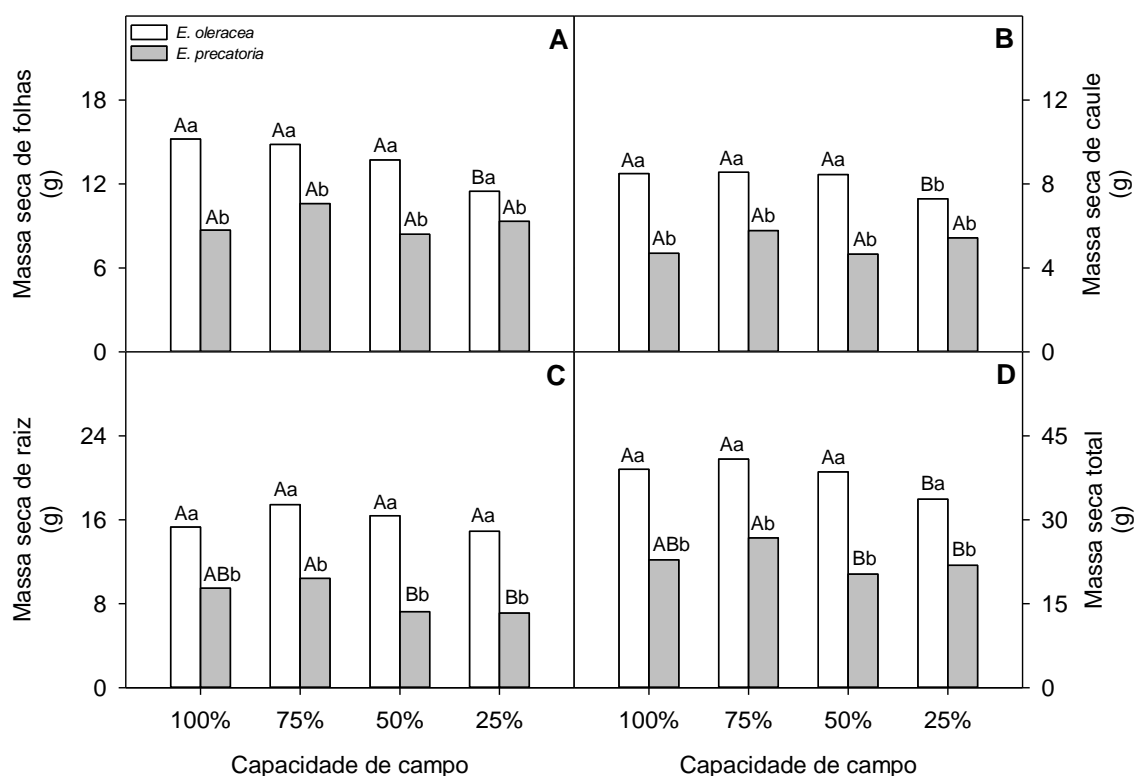


Figura 9 – Massa seca de folhas (A), massa seca de caule (B), massa seca de raiz (C) e massa seca total (D) em duas espécies de açaizeiro submetidas a diferentes capacidades de campo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos hídricos e letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies ($p < 0,05$).

Quanto à relação raiz/parte aérea, verifica-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos aplicados (Figura 10) em ambas as espécies, já quando comparamos as duas espécies existe diferença significativa no tratamento de 50% e 25% da capacidade hídrica para *E. precatória* com redução de 18,4% e 35,5% respectivamente. Uma das razões para tal comportamento pode estar ligada ao equilíbrio no crescimento entre a raiz e a parte aérea dessas plantas, não havendo necessidade de investirem especificamente no seu aprofundamento radicular, fato corroborado por Cairo (1992) e Leles et al. (1998).

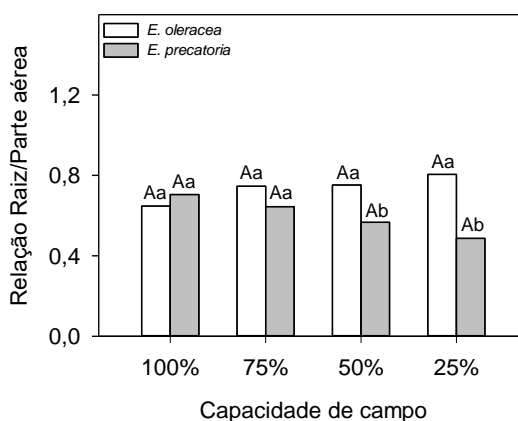


Figura 10 – Relação Raiz/Parte área em duas espécies de açazeiro submetidas a diferentes capacidades de campo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos hídricos e letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies ($p < 0,05$).

A alocação de biomassa ao longo dos tratamentos hídricos foi alterada de forma distinta entre as duas espécies de açazeiros avaliadas (Figura 11). Em *E. oleracea*, não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação as raízes. Nas folhas, verifica-se que a medida que o déficit hídrico foi mais intenso, observa-se uma leve redução na alocação de biomassa foliar. No tratamento de restrição hídrica mais severa, observa-se uma redução na alocação de biomassa para as folhas, modificando seu particionamento de carbono e alocando mais para as raízes, evidenciando-se a manutenção da biomassa de raízes (Figura 11A).

Em *E. precatória*, o efeito inverso do estresse hídrico na alocação de biomassa. Nas folhas, apesar de um pequeno aumento, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, nas raízes, enquanto o déficit hídrico foi mais acentuado, notou-se uma redução na biomassa da raiz. No tratamento de estresse mais severo, ocorre a manutenção na biomassa das folhas e uma redução significativa na biomassa das raízes.

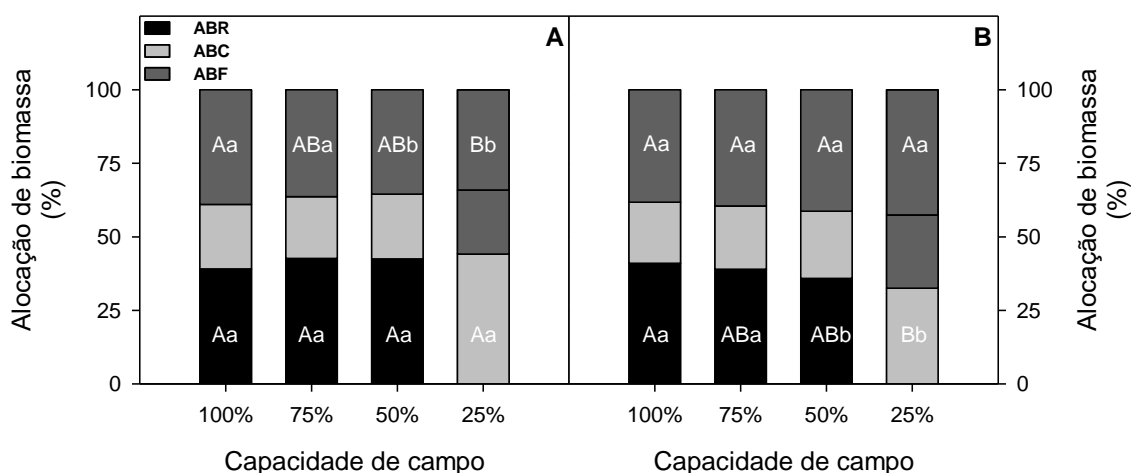


Figura 11 – Alocação de biomassa em plantas de *E. oleracea* (A) e *E. precatoria* (B) submetidas a diferentes capacidades de campo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos hídricos e letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies ($p < 0,05$).

Os resultados encontrados evidenciam um possível efeito do déficit hídrico principalmente na redução foliar e um leve aumento de alocação de biomassa para raízes em *E. oleracea*. Este comportamento é descrito por alguns autores como um recurso da planta para obter maior resistência a deficiência hídrica, pois no processo, a planta expande sua área radicular para aumentar seu contato com o solo e com isso compensar a deficiência hídrica e reduz a área foliar possivelmente uma estratégia de sobrevivência, com o intuito de diminuir a área disponível à transpiração (CORREIA; NOGUEIRA, 2004; PINHEIRO et al., 2005; REIS et al., 2006).

Baixas taxas no crescimento, maior razão raiz:parte aérea, menor aquisição de nutrientes e a renovação de tecidos são normalmente características esperadas de plantas submetidas ao déficit hídrico (LAMBERS; POOTER, 1992; ACHTEN et al., 2010). O desenvolvimento radicular elevado sugere tolerância ao estresse, conforme verificado por Fetene e Feleke (2001).

Na Tabela 1, observa-se 18 correlações significativas, entre as variáveis analisadas para *E. oleracea*. Com importância para a condutância estomática teve correlação positiva com transpiração, eficiência quântica atual, quenching fotoquímico, e taxa de transferência de elétrons. Já a transpiração teve correlação positiva com a eficiência quântica atual, eficiência quântica potencial, quenching fotoquímico e taxa de transporte de elétrons. Com base nesses dados pode-se inferir que com estresse mais severo poderá

haver fotoinibição dinâmica do aparelho fotoquímico, provavelmente devido a um declínio na eficiência da conversão da energia luminosa em energia química, resultado do fechamento dos centros de reação do fotossistema II devido a saturação luminosa (Maxwell & Jonhson, 2000).

Tabela 1 – Matriz de coeficiente de correlações de Pearson em *E. oleracea*.

	gs	E	Ci	$\Delta F/F_m'$	Fv/Fm	qP	NPQ	ETR
P _N	0,352	0,348	0,231	0,490	0,384	0,295	-0,593*	0,490
gs		0,886**	0,447	0,847**	0,598*	0,790**	-0,420	0,847**
E			0,490	0,933**	0,711**	0,860**	-0,357	0,933**
Ci				0,470	0,719**	0,278	-0,284	0,470
$\Delta F/F_m'$					0,687*	0,887**	-0,591*	1,000**
Fv/Fm						0,399	-0,508	0,687*
qP							-0,233	0,887**
NPQ								-0,591*

P_N (fotossíntese); gs (condutância estomática); E (transpiração); Ci (concentração intercelular de CO₂); $\Delta F/F_m'$ (eficiência quântica atual); Fv/Fm (eficiência quântica potencial); qP (quenching fotoquímico); NPQ (quenching não fotoquímico); ETR (taxa de transporte de elétrons). Pelo teste t correlações acompanhadas *, ** são significativas a 5% e a 1% respectivamente.

Já na Tabela 2, observa-se 12 correlações significativas entre as variáveis analisadas para *E. precatória*. Assim, as mais relevantes foram a correlação linear altamente positiva entre a fotossíntese e transpiração; entre a transpiração e a eficiência quântica atual e com a taxa de transporte de elétrons; e por último também ocorreu uma correlação altamente negativa entre fotossíntese e a concentração intercelular de CO₂, mostrando que existe uma relação inversamente proporcional entre as variáveis em questão.

Tabela 2 – Matriz de coeficiente de correlações de Pearson em *E. precatória*.

	gs	E	Ci	$\Delta F/F_m'$	Fv/Fm	qP	NPQ	ETR
P _N	0,539	0,763**	0,822**	0,299	0,459	0,263	0,0278	0,299
gs		0,587*	-0,117	0,604*	0,393	0,449	-0,410	0,604*
E			-0,583*	0,754**	0,475	0,393	-0,469	0,754**
Ci				-0,159	-0,437	0,154	-0,281	-0,159
$\Delta F/F_m'$					0,297	0,371	-0,703*	1,000**
Fv/Fm						-0,259	-0,003	0,297
Qp							-0,642*	0,371
NPQ								-0,703*

P_N (Fotossíntese); gs (condutância estomática); E (transpiração); Ci (Concentração intercelular); $\Delta F/F_m'$ (Eficiência quântica atual); Fv/Fm (Eficiência quântica potencial); qP (quenching fotoquímico); NPQ (quenching não fotoquímico); ETR (Taxa de transporte de elétrons). Correlações acompanhadas de * e ** são significativas a 5% e a 1% respectivamente.

As matrizes de correlação permitiram inferir a resposta que uma variável exerce sobre outra. Olivoto et al. (2016), salientam que o método de correlação linear possibilita verificar os efeitos diretos e indiretos que um grupo de variáveis exercem sobre uma resposta ou variável de interesse. Pois, quando as plantas se encontram submetidas às condições de déficit hídrico severo, poderá ocorrer uma desidratação celular, o que leva a afetar muitos outros processos fisiológicos das plantas, como: redução da turgidez das células; concentração de íons, tornando-se citotóxicos; e podendo levar ao acúmulo de ácido abscísico (ABA), o que promove o fechamento estomático, reduz as trocas gasosas, e assim, influenciando no funcionamento adequado das clorofilas e posterior inibição da fotossíntese (Taiz et al., 2017). Ainda em relação as tabelas 1 e 2, verifica-se que *E. precatória* tem a fotossíntese dependente de outras variáveis de trocas gasosas, como transpiração e concentração intercelular de CO₂, enquanto *E. oleracea* não mostra essa dependência. Essa diferença marcante entre as duas espécies pode explicar as diferenças observadas na fotossíntese em entre os tratamentos hídricos.

Avaliando as curvas de resposta da fotossíntese ao CO₂ interno, as plantas de *E. oleracea* possuem ponto de compensação de CO₂ e taxa de fotossíntese líquida relativamente menores que as de *E. precatória* (Figura 12). sendo que o açazeiro solteiro quando aumenta-se a concentração de CO₂ acima do ponto de compensação, estimula-se a fotossíntese em uma faixa ampla de concentração ao ponto da limitação ocorrer pela capacidade de carboxilação na faixa um pouco acima dos 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, após este limite a fotossíntese inicia-se a saturação. Já para o açazeiro touceira a limitação ocorre um

pouco abaixo dos $800 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$. Essas taxas fotossintéticas mais elevadas em função do aumento na concentração de gás carbônico ocorrem, principalmente, devido ao aumento na concentração de CO_2 intercelular e à inibição da competição CO_2/O_2 pelo sítio ativo da Rubisco, resultando em maiores taxas de carboxilação (AINSWORTH e ROGERS, 2007).

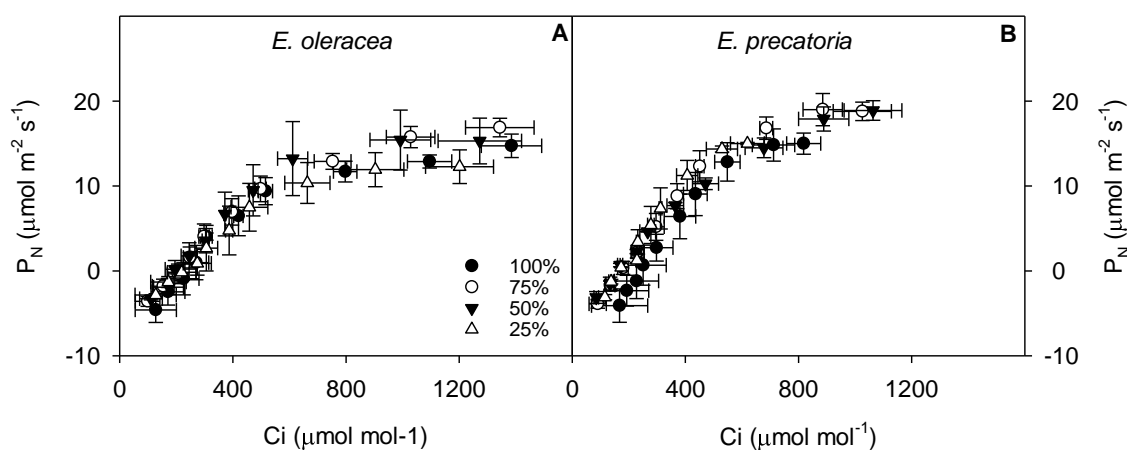


Figura 12 – Taxa de assimilação líquida em função da concentração intercelular de CO_2 em dois açazeiros.

De acordo com Larcher (2000), a fase linear da curva P_N/C_i é o efeito do aumento da pressão parcial do CO_2 no processo fotossintético, e é uma medida da taxa de carboxilação da Rubisco ($V_{c_{\max}}$) até atingir a fotossíntese potencial quando atinge a saturação devido a pressão interna do CO_2 . Segundo ao modelo proposto por Farquhar et. al. (1980) para plantas C_3 , o comportamento da taxa de fotossíntese é comumente ligada ao da taxa de transporte de elétrons para regenerar a Rubisco e a sua capacidade de carboxilação, tornando limitada quando há equivalência em ambos. Com o aumento do CO_2 disponível, a fotorrespiração é reduzida pelo aumento da razão ente CO_2/O_2 e com isso a assimilação é maior para as plantas crescidas em CO_2 elevado. As plantas C_3 são capazes, nessa condição, de fixar duas a três vezes mais CO_2 do que em condição atmosférica atual (Larcher, 2000). Com elevada fixação do CO_2 , a atividade de regeneração da Rubisco será contínua e rápida, o que exige que uma molécula de rubisco seja regenerada para cada molécula usada na reação de carboxilação ou na oxigenação.

Alguns estudos evidenciam que as limitações nas taxas de fotossíntese, são altamente dependentes das condições ótimas de temperatura e quantidade de CO_2 . A temperatura age na condutância do mesofilo, assim, quando há maior C_i , a $V_{c_{\max}}$ é maior e o transporte de elétrons necessário para regenerar a Rubisco carboxilada também

aumenta até o ponto saturante para fotossíntese limitada pela regeneração da Rubisco (SALVUCCI e CRAFTS-BRANDNER, 2004).

Na tabela 3, observa-se os parâmetros de trocas gasosas obtidas a partir de curvas de assimilação líquida de CO₂ em função da concentração intercelular de CO₂ que são o V_{Cmax} (Velocidade máxima de carboxilação da enzima Rubisco $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); J_{max} (Taxa máxima de transporte $\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a R_d (taxa de respiração no escuro em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). A velocidade máxima de carboxilação da enzima Rubisco foi maior para *E. precatoria*, mas não apresentaram diferença significativas nos tratamentos (100%,75% e 50%). Na capacidade hídrica de 25% apresentou diferença significativa com uma redução de 62,7%. Para *E. oleracea*, apresentou-se diferença significativa entre os tratamentos, sendo que o tratamento de 75% da capacidade foi superior aos demais tratamentos. Porém, o tratamento de 50% apresentou o menor valor entre os tratamentos com uma redução de 49%. Em J_{max} e R_d, o comportamento ao longo dos tratamentos foi similar.

Tabela 3 – Parâmetros de trocas gasosas obtidas a partir de curvas de assimilação líquida de CO₂ em função da concentração intercelular de CO₂ em dois açazeiros.

Espécie	Tratamento	V _{Cmax}	J _{max}	R _d
<i>E. oleracea</i>	100%	71,4 ABb	111,7 ABb	11,7 Ab
	75%	93,0 Aa	141,3 Aa	14,8 Aa
	50%	47,4 Bb	78,4 Bb	6,8 Aa
	25%	59,0 ABb	100,1 ABb	9,5 Aa
<i>E. precatoria</i>	100%	123,2 Aa	167,7 Aa	20,3 Aa
	75%	104,0 Aa	151,1 Aa	13,0 Aa
	50%	116,3 Aa	137,0 Aa	11,9 Aa
	25%	46,0 Ba	87,3 Ba	6,1 Ba

*Letras maiúsculas comparam tratamentos hídricos dentro da mesma espécie e letras minúsculas comparam espécies dentro do mesmo tratamento hídrico.

Os dados corroboram para que sob condições de restrição hídrica, a fotossíntese pode estar condicionada pela limitação na atividade da Rubisco (Parry et al., 2002), em razão de fatores de inibição ligados às enzimas (Catuchi et. al., 2012), assim como pela limitação da síntese de RuBP (Kim et. al., 2011), por meio da redução da taxa de transporte de elétrons fotossintéticos, que influencia a capacidade de regeneração da RuBP (Flexas e et. al., 2016), dependente do ATP (Lawlor e Cornic, 2002). Reduções em V_{Cmax} também são atribuídas a decréscimos na quantidade de Rubisco e (Reddy et. al., 2004), às vezes, ao baixo estado de ativação da enzima.

5 CONCLUSÕES

- As duas espécies de açaizeiro analisadas, *E. oleracea* e *E. precatoria*, são tolerantes a estresses hídricos moderados;
- A capacidade fotossintética de *E. precatoria* é maior do que em *E. oleracea*, mas esta característica é limitada provavelmente pela menor condutância estomática de *E. precatoria*;
- A eficiência fotossintética de *E. precatoria* é negativamente afetada de maneira expressiva pelo excesso de água no solo, o que não ocorre com *E. oleracea*; e
- As duas espécies demonstram melhor performance fotossintética e de crescimento quando cultivadas a 75% da capacidade de campo.

REFERÊNCIAS

ACHTEN W. M. J.; MAES M. H.; REUBENS B.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; VERCHOT, L.; MUYS B. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Biomass Bioenergy**, v. 34, n. 5, p.1 – 10. 2010.

AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising [CO₂]: mechanisms and environmental interactions. **Plant, Cell and Environment**, 30: 258–270, 2007.

ALVES, M. R. P.; DEMATTÊ, M. E. S. P. **Palmeiras**: características botânicas e evolução. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 129 p.

ANDEREGG, W. R. L.; WOLF, A.; ARANGO-VELEZ, A.; CHOAT, B.; CHMURA, D. J.; JANSEN, S. Plant water potential improves prediction of empirical stomatal models. **PLoS ONE** 12, 2017.

BAGARD, M.; LE THIEC, D.; DELACOTE, E.; HASENFRATZ-SAUDER, M.P.; BANVOY, J.; GÉRARD, J.; DIZENGREMEL, P.; JOLIVET, Y. Ozone- induced changes in photosynthesis and photorespiration of hybrid poplar in relation to the developmental stage of the leaves. **Physiologia Plantarum**, v. 134, p. 559-574, 2008.

BARTELS, D.; SUNKAR, R. Drought and Salt Tolerance in Plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 24, p. 23-58, 2005.

BASSHAM, J. A.; KRAUSE, G. H. Free energy changes and metabolic regulation in steady-state photosynthetic carbon reduction. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 189, p. 207-221, 1969.

BELTRÃO, N. E. DE M.; DE OLIVEIRA, M. I. P. Diferenciação na Produção de Energia Entre Oleaginosas (Metabolismo C3) e Energéticas (C4). Campina Grande, PB: **EMBRAPA ALGODÃO**, 30 p. (Documentos, 198). 2008.

BENINCASA, M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal – SP: Funep, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA; Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA; Serviço Brasileiro de Apoio as Micros e Pequenas Empresas – SEBRAE; Grupo de Trabalho Amazônico – GTA. **Produtos Potenciais da Amazônia**. v.1 9, 50p. Manaus, 1998.

BRYAN, F. **Governo planeja duplicar áreas plantadas com açaí no Acre**. 2016. Disponível em:<<http://www.agencia.ac.gov.br/governo-planeja-duplicar-areas-plantadas-com-acai-no-acre/>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

CAIRO, P. A. E. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. UESB, Vitória da Conquista. 1995.

CAIRO, P. A. R. **Aspectos biofísicos e metabólicos de plantas jovens de espécies florestais associados à disponibilidade de água no solo**. 1992. 124f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V. de. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açai). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.23, n.3, p.225-230. 2000.

CALZAVARA, B. B. As possibilidades do açaizeiro no estuário amazônico. **Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém**, v. 5, p.63-92, 1972.

CANTO, S. A. E. **Processo extrativista do açaí: Contribuição da ergonomia com base na análise postural durante a coleta dos frutos**. 2001. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CASTRO, A.; BOVI, M. L. A. Assaí. In: CLAY, J. W.; CLEMENT, C. R. (Eds.). **Selected species and strategies to enhance income generation from Amazonian forests**. Rome: FAO, (FAO Working Paper, 6). p. 58-67, 1993.

CATUCHI, T. A.; GUIDORIZZI, F. V. C.; BARBOSA, A. M.; SOUZA, G. M. Respostas fisiológicas de cultivares de soja a adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. **Pesq. Agropec Bras**. V. 47, p 519-527, 2012.

CHAPPELLE, E. W.; KIM, M. S. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): na algorithm for a remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 39, p. 239- 247, 1992.

CHAVES, J. H.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L.; PEZZOPANE, J. E. M.; POLLI, H. Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p.333-341, 2004.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, p. 551-560, 2009.

CORREIA, G. K.; NOGUEIRA, C. M. J. R. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 16 p. 2004

COSTA, E. L. DA. **Pode o açaí (Euterpe precatoria Mart.) ser parte importante no desenvolvimento socioeconômico das famílias extrativistas no Acre, Brasil**. 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2017.

DEXTER, S. T.; TOTTINHAM, W. E.; GRABER, L. F. Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity. **Plant Physiology**, 7. p. 63-78, 1932.

ESTANISLAU, F. Pesquisas com açaí ganham reforço no Acre. 2015. Disponível em: <http://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3612564/pesquisa-com-acai-ganham-reforco-no-acre>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

FARQUHAR, G.D.; VON CAEMMERER, S.; BERRY, J.A. A biochemical-model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C₃ species. **Planta** v. 149, p. 78–90, 1980.

FETENE, M; FELEKE, Y. Growth and photosynthesis of seedlings of four tree species from a dry tropical Afromontane forest. **Journal Tropical Ecology**, V. 17 p. 269-283, 2001.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Miracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasílica**, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004

FLEXAS, J.; DÍAZ-ESPEJO, A.; CONESA, M. A.; COOPMAN, R. E.; DOUTHE, C.; GAGO, J.; GALLE, A.; GALMÉS, J.; MEDRANO, H.; RIBAS-CARBO, M.; THOMAS, M.; NIINEMETS, U. Mesophyll conductance to CO₂ and Rubisco as targets for improving intrinsic water use efficiency in C₃ plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 39, p. 965-982, 2016.

FRIDLAND, L. E.; SCHEIBE, R. Regulation of the Calvin cycle for CO₂ fixation as an example for general control mechanisms in metabolic cycles. **BioSystems**, v. 51, p. 79-93, 1999.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M.; BAKER, N. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochemistry Biophysical Acta**, v. 990, p. 87–92, 1989.

GRATANI, L.; GHIA, E. Changes in morphological and physiological traits during leaf expansion of *Arbutus unedo*. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00010-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00010-2)>. Acesso em: 03 dezembro, 2018.

GRIFFITHS, H. & PARRY, M. A. J. Plant responses to water stress. **Annals of Botany**, v.89, p.801-802, 2002

HELDT, H. W.; HELDT, F. Plant biochemistry. 3rd. San Diego: **Elsevier Academic Press**, 2005.

HENDERSON, A.. **The genus Euterpe in Brazil**. In: REIS, M.S.; REIS, A. (Eds.) *Euterpe edulis* Martius – (Palmito) biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p.1-22

HENDERSON, A.; GALEANO, G. *Euterpe*, *Prestoea*, and *Neonicholsonia* (Palmae:Euterpeinae). New York: New York Botanical Garden. **Flora Neotropica**, n.72 p.90, 1996.

HOMMA, A. K. O. A terceira natureza da Amazônia. **Revista paranaense de desenvolvimento**, Curitiba, v.38, n. 132. 2017.

HU, H.; BOISSON-DERNIER, A.; ISRAELSSON-NORDSTRÖM, M.; BÖHMER, M.; XUE, S.; RIES, A.; SCHROEDER, J.I. Carbonic anhydrases are upstream regulators of CO₂-controlled stomatal movements in guard cells. **Nature Cell Biology**, v. 12, p. 87-93. 2010.

IBGE. PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL 2015/2017. In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Brasil, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: nov. 2018a.

IBGE. PRODUÇÃO DA EXTRAÇÃO VEGETAL E DA SILVICULTURA 1986/2017. . In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Brasil, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/tabelas>>. Acesso em: dez. 2018b.

IDAM - INSTITUTO D DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO E FLORESTAL DO ESTADO DO AMAZONAS. 2017. **Relatório de produção agrícola manual dos 63 municípios do Estado do Amazonas**. Comunicação pessoal.2017.

KIM, J.; VAN IERSEL, M. W.; BURNETT, S. E. Esimating daily water use of two petunia cultivars based on plant and environmental factors. **HortScience**, v. 46, p. 1287-1293. 2011.

LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research*, v. 23, p. 187-261, 1992.

LARCHER, W., PRADO, C.H.B. de A. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos. São Paulo, Brasil. Editora Rima Artes e Textos. EPU. p. 531, 2000.

LAWLOR, D. W.; DAY, W.; JOHNSTON, A. E. Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-mater accumulation and nutrient content. **Journal of Agriculture Science**, v. 96, p.167-186, 1981.

LAWLOR, D.W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell & Environment**, v.25, n.2, p. 275-294, 2002.

LAWLOR, D.W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell & Environment**, v.25, n.2, p. 275-294, 2002.

LEEGOOD, R. C. Enzymes of the Calvin cycle. In: LEA, P. A. (Ed.). *Methods in plant biochemistry*. **London: Academic Press**.. p. 15-37. 1990.

LEHNINGER, A. L. *Princípios de bioquímica*. São Paulo: Ed Sarvier. 2003.

LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G. Comportamento de mudas de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) e *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr. produzidas sob três regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v.22,n.1, p.11-19, 1998.

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

LIU, S.; YANG, R.; REN, B.; WANG, M.; MA, M. Differences in photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and antioxidant system between invasive *Alnus formosana* and its native congener in response to different irradiance levels. **Botany**, v. 94(12), p. 1087-1101, 2016.

LU, L.; MA, B.; WEI, L.; LUO, X.; NI, X. How does the B-ionone effect the spectra of chlorophyll and the excitation energy transfer in solution. **Optics & Spectroscopy**, v. 117(4), p. 545-551, 2014.

MARTINOT J.F.; PEREIRA, H.S.; SILVA, S.C.P. 2017. Coletar ou Cultivar: as escolhas dos produtores de açaí-da-mata (*Euterpe precatoria*) do Amazonas. **RESR**, Piracicaba-SP, Vol. 55, Nº 04, p. 751-766, Out/Dez 2017.

MARTINS, A. G. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais, alimentares e tóxicas da Ilha do Combu, Município de Belém, Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, v. 86, n. 1, p. 21-30, 2005.

MARTINS, M. O. **Regulação da fotossíntese por deficiência hídrica, nitrogênio e CO₂ elevado em cana-de-açúcar**. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Bioquímica, Universidade Federal do Ceará. 97p. 2012.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal Of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

MEDRANO H, et al. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. **Annals of Botany**, Oxford, v. 89, n. 4, p. 895-905, Apr. 2002.

MITTLER, R.; BLUMWALD, E. Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p. 443–462, 2010.

NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; DA SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do Crescimento de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 339, p. 617-626, 2011.

NOGUEIRA, O. L.; CONCEICAO, H. E. OLIVEIRA DA. Análise de crescimento de açazeiros em áreas de várzea do estuário amazônico. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2167-2173, Nov. 2000.

NOGUEIRA, O. L.; HOMMA, A.K.O. Análise econômica de sistemas de manejo de açaiuais nativos no estuário amazônico. Belém: Embrapa CPATU, 1998. 38p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 128).

NOGUEIRA, S. R.; SILVA, I. M.DA.; MACEDO, P. E. F. DE.; LUNZ, A. M.P.; NETO, R. DE C. A. Controle de Antracnose em Açaí-solteiro (*Euterpe precatoria*) no Acre. Rio Branco, AC: **EMBRAPA ACRE**, 2017. 6 p. (Comunicado Técnico, 197).

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de ecologia**. 5 ed., Editora Thomson Pioneira, 2007. 616 p.

OLIVEIRA, M. do S. P de.; NETO, J. T. F.; QUEIROZ, J. A. L de. **Cultivo do açaizeiro para produção de fruto**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, Circular Técnica, n.26, p.18, 2002.

OLIVEIRA, M. do S. P de; CARVALHO, J. E. U de; NASCIMENTO, W. M. O do. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Jaboticabal: Funep, p. 2, n. 7 (Série Frutas Nativas), 2000.

OLIVOTO, T.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; SZARESKI, V. J.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J.; SOUZA, V. Q. Pearson correlation coefficients and accuracy of path analysis used in maize breeding critical review. **International Journal of Current Research**, Abingdon, v. 8, n. 9, p. 37787-37795, 2016.

PARENTE, V. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. R.; COSTA, A. M. **Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica: açaí**. Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA. Manaus – AM, 2003.

PARRY, M. A. J. et al. Rubisco activity: effects of drought stress. **Annals of Botany**, v, 89, n. 3, p. 833-839, Mar. 2002.

PINHEIRO, H. A.; DAMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; LOUREIRO, M. E.; DUCATTI, C. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, v. 96, p. 101 -108, 2005

PINTO, F. R. **Análise produtiva de sistemas agroextrativistas de açaí –da– mata (*Euterpe precatoria* Mart.) na Amazônia Central**. 2018. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2018.

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

RAVEN, Peter H. et al., **Biologia vegetal**. 6ª ed.. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara, Koogan S.A. 2001. 906 p.

REDDY, A. R.; CHAITAMYA, K. V.; VIVEKANANDAN, M. drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **J. Plant Physiol.**, v. 161. p. 1189-1202. 2004.

REIS G. G.; REIS, M. G. F.; FONTAN, I. C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, A. N.; OLIVEIRA, C. H. R. crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de Eucalyptus grandis X Eucalyptus urophylla e de Eucalyptus camaldulensis X Eucalyptus spp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, v.30, p.921 -931, 2006.

RIBEIRO, T. M.; MARTINS, S. V.; LANA, V. M.; SILVA, K. A. Sobrevivência e crescimento inicial de plântulas de Euterpe edulis Mart. transplantadas para clareiras e sub-bosque em uma Floresta Estacional Semidecidual. Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.35, n.6, p.1219-1226, 2011.

ROCHA, E. Potencial ecológico para o manejo de frutos de açaizeiro (Euterpe precatoria Mart.) em áreas extrativistas no Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 2, p. 237-250, 2004.

ROGEZ, H. **Açaí**: preparo, composição e melhoramento da conservação. Belém: Ufpa, p. 313, 2000.

SALVUCCI, M. E.; CRAFTS-BRANDNER, S. J. Inhibition of photosynthesis by heat stress: the activation state of Rubisco as a limiting factor in photosynthesis. **Physiol Plant** 120. 179-186 p. 2004

SANTANA, A. C. DE. Índice de desempenho competitivo das empresas de polpa de frutas do Estado do Pará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Rio de Janeiro, v. 45, n.03, p.523-549, jul./set., 2007.

SATO, A. M.; CATUCHI, T. A.; RIBEIRO, R. V.; SOUZA, G. M. The use of network analysis to uncover homeostatic responses of a drought-tolerant sugarcane cultivar under severe water deficit and phosphorus supply. **Acta Physiologia Plantarum**, 2010.

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

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; NEUBAUER, C. Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: SCHULZE, E. D.; CALDWELL, M. M. (Eds.). **Ecophysiology of photosynthesis**. Berlin: Springer. (Ecological Studies, 100) p. 49-70. 1994.

SHARKEY, T. D.; BERNACCHI, C. J.; FARQUHAR, G. D.; SINGSAAS, E. L. Fitting photosynthetic carbon dioxide response curves for C3 leaves. **Plant, Cell and Environment**, v. 30, p. 1035-1040, 2007.

SHARMA, T. D.; BERNACCHI, C. J.; FARQUHAR, G. D.; SINGSAAS, E. L. Fitting photosynthetic carbon dioxide response curves for C3 leaves. **Plant, Cell and Environment**, v. 30, p. 1035-1040, 2007.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciências Agrônômica**, v. 44, p. 86-93, 2013.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1130-1137, 2010.

SILVA, G. M. **Mapeamento da cadeia produtiva da polpa de açaí na área 3 da zona de atendimento prioritário do governo de estado do Acre**, localizada na Br-364, entre os municípios de Manuel Urbano e Feijó. Estudo da cadeia de valor do açaí: relatório final CPS 635-2011. Rio Branco-Acre. 2011.

SILVA, M. A. V.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; OLIVEIRA, A. F.; SANTOS, V. F. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 2, p. 335-344, 2008.

SOUZA, A. P.; GASPAR, M. SILVA, E. A. DA.; ULIAN, E. C.; WACLAWOVSKY, A. J.; NISHIYAMA JR, M. Y.; SANTOS, R. V. DOS.; TEIXEIRA, M. M.; SOUZA, G. M. BUCKERIDGE, M. S. Elevated CO₂ increases photosynthesis, biomass and productivity, and modifies gene expression in sugarcane. **Plant, Cell and Environment**, v.31, p.1116-1127, 2008.

STRECK, N. A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.730-740, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Artmed, 6ª Ed. Porto Alegre-RS, 888 p., 2017.

TEZARA, W.; MITCHELL, V.; DRISCOLL, S. P.; LAWLOR, D. W. Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. **Journal of Experimental Botany**, Elmsford, v.53, p.1781-1791, 2002.

TURNER, I. M. The ecology of trees in the tropical rain forest. **Cambridge Tropical Biology Series**, United Kingdom, Cambridge University Press, 316p., 2001.

VIEIRA, A. H.; RAMALHO, A. R.; NETO, C. R., CARARO, D. C., COSTA, J. N. M.; JÚNIOR, J. R. V.; WADT, P. G. S. SOUZA, V. F. DE (Ed.). Cultivo do Açaizeiro (*Euterpe oleracea* Martius) no Noroeste do Brasil. Porto Velho, RO: **EMBRAPA RONDONIA**, 2018. 90 p. (Sistema de Produção, 36).

VILLACHICA, H., CARVALHO, J.E.U. de, MÜLLER, C.H., DIAZ, S.C., ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia**. Lima: Tratado de Cooperación Amazonica, 367p. (TCA-SPT, 44), 1996.

VU, J. C. V.; ALLEN Jr., L. H. Growth at elevated CO₂ delays the adverse effects of drought stress on leaf photosynthesis of the C₄ sugarcane. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 107-116, 2009.

WADT, L. H. DE O.; RIGAMONTE-AZEVEDO, O. C.; FERREIRA, E. J. L.; CARTAXO, C. B. DA C. **Manejo de açaí solteiro (Euterpe precatoria Mart.) para produção de frutos**. Rio Branco: Secretaria de Extrativismo e Produção Familiar, 2004. 34 p. il.

WALTER, L. C.; STRECK, H. T. R. Mecanismos de aclimação das plantas à elevada concentração de CO₂. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1564-1571, 2015.

ZIVCAK, M.; KALAJI, H. M.; SHAO H. N.; OLSOVSKA, K.; BRESTIC, M. Photosyntec próton and electron transport in wheat leaves under prolonged moderate drought stress. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v. 137, p. 107-115, 2015.