

Desempenho fotossintético e trocas gasosas de genótipos de eucalipto na fase inicial de desenvolvimento sob déficit hídrico

Renato da Silva Oliveira^{1*} Marcio de Oliveira Martins¹ Paulo Victor Alves das Chagas¹

¹Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, BR364 km 4, Rio Branco - Acre, Brasil

Original Article

*Corresponding author:
renatoflorestal81@gmail.com

Palavras-chave:

Eucalipto

Estresse hídrico

Fluorescência

Fotossíntese

Keywords:

Eucalyptus

Water Stress

Fluorescence

Photosynthesis

Received in

2021/12/21

Accepted on

2023/05/23

Published in

2023/06/30



DOI:

<http://dx.doi.org/10.34062/af.s.v10i2.13270>

RESUMO: O Brasil cultiva o eucalipto desde o início do século XX e com o desenvolvimento da eucaliptocultura, verifica-se ao longo dos anos uma expansão dessas áreas plantadas para outras regiões do país, em que fortes tensões ambientais podem impactar negativamente a sobrevivência e/ou crescimento destas espécies. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho fotossintético e as trocas gasosas em seis genótipos de eucalipto na fase inicial sob deficiência hídrica. O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Federal do Acre e o delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 6x2 (seis espécies e híbridos de eucalipto, dois regimes hídricos (irrigado e não-irrigado)), com cinco repetições. As trocas gasosas e os parâmetros de clorofila a foram avaliadas após 15 dias, utilizando-se o IRGA, modelo Li-6400XT (LI-COR Inc., CA, EUA) com um fluorômetro (modelo Li-6400-40) acoplado. Também foram mensurados: DM, R/Pa e ABM. Os dados obtidos pelo experimento base mostraram diferenças significativas entre os tratamentos hídricos estudados. Nas análises de troca gasosas e fluorescência da clorofila “a”, os genótipos RIP01 e AEC0601 destacaram-se. Quanto a R/Pa os genótipos AEC0601 e LCFA030 apresentaram melhores resultados e quanto à ABM, o LCFA030 apresentou relação estatística significativa.

Photosynthetic performance and gas exchange of eucalyptus genotypes in the early development phase under water deficit

ABSTRACT: Brazil has been cultivating eucalyptus since the beginning of the 20th century and with the development of eucalyptus plantations, over the years there has been an expansion of these planted areas to other regions of the country, where strong environmental tensions can negatively impact survival and/or growth of these species. In this sense, the objective of this work was to evaluate the photosynthetic performance and gas exchange in six eucalyptus genotypes in the initial phase under water deficit. The experiment was carried out in a greenhouse at the Universidade Federal do Acre and a completely randomized design, in a 6x2 factorial scheme, was adopted, with six eucalyptus genotypes, two water regimes (irrigated and non-irrigated) and five replications. Gas exchange and chlorophyll a parameters were evaluated after 15 days, using the IRGA, model Li-6400XT (LI-COR Inc., CA, USA) with a fluorometer (model Li-6400-40) attached. Also measured were: DM, R/Pa and ABM. The data obtained by the base experiment showed significant differences between the water treatments studied. In the gas exchange and chlorophyll “a” fluorescence analyses, the RIP01 and AEC0601 genotypes stood out. As for R/Pa, the genotypes AEC0601 and LCFA030 showed better results and as for ABM, LCFA030 presented a statistically significant relationship.

Introdução

O Brasil cultiva *Eucalyptus* spp. desde o início do século XX, e com o desenvolvimento da eucaliptocultura, verifica-se ao longo dos anos uma expansão dessas áreas plantadas em diferentes regiões do país. No entanto fortes tensões ambientais podem impactar negativamente a sobrevivência e/ou crescimento de espécies desse gênero. Dentre estas, duas se destacam pela associação com as novas fronteiras florestais, o estresse hídrico e o estresse térmico relacionado às altas temperaturas (acima de 36 °C) (Silva et al., 2020).

Apesar da Floresta Amazônica ser reconhecida como a maior reserva tropical da terra, para que esta região prospere, é imprescindível que haja o equilíbrio entre a exploração e a preservação dos recursos florestais. Dentro deste contexto, a inserção de plantios comerciais são estratégias viáveis frente à demanda mundial por produtos e serviços de bases florestais.

O Estado do Acre faz parte da Amazônia Legal, contando com uma superfície territorial de 164.123,9 km² e possui a cidade de Rio Branco como capital, que possui o clima é equatorial quente e úmido, baseada no sistema de Köppen é do tipo Am, caracterizado por altas temperaturas, estação chuvosa e estação seca definidas e alta umidade relativa do ar (Acre, 2010). Incluindo as transições, a estação chuvosa ocorre de outubro a maio e a estação seca de junho a setembro (Sousa, 2020).

Segundo Siviero et al. (2019), no Acre, os plantios comerciais ainda são insipientes, caracterizando-se pela ocorrência de pequenos plantios-teste, instalados em 2012 por empresas de reflorestamento e alguns produtores, visando à seleção de material genético para uso em futuros povoamentos florestais. Esses plantios podem ampliar a capacidade econômica da região além de auxiliar na diminuição do desmatamento florestal.

Com isso, conhecer os efeitos dos fatores climáticos que afetam o estabelecimento de diferentes procedências de eucalipto e suas implicações está relacionada ao sucesso ou fracasso da produção florestal (Tatagiba et al., 2016).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho fotossintético e as trocas gasosas de seis espécies e híbridos de eucalipto, na fase inicial de desenvolvimento, sob deficiência hídrica.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no Campus Rio Branco da Universidade Federal do Acre, localizado na região Norte do Brasil, inserido no bioma Amazônico entre as latitudes de 07°07S e 11°08S, e as longitudes de 66°30 W e 74°WGr (Acre, 2010). Segundo a classificação de Koeppen o clima é equatorial quente e úmido do tipo Am com período seco anual de 3 meses.

Os genótipos utilizados para realização deste experimento foram preparados a partir de sementes do gênero *Eucalyptus* obtidas junto ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) (Quadro 1).

Quadro 1. Genótipos de eucalipto utilizados no experimento

Material Genético	Cultivar
<i>Eucalyptus brassiana</i>	-
<i>Eucalyptus urophylla</i>	LCFA007
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	LCFA026
<i>Eucalyptus pellita</i>	LCFA030
<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	RIP01
<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus camaldulenses</i>	AEC0601

Estes genótipos foram escolhidos seguindo sugestões de Ferreira e Silva (2004), que recomendam o plantio de algumas espécies de eucalipto para a região amazônica com base em dados climáticos e comportamento dessas espécies em situações edafoclimáticas semelhantes, e de Flores et. al (2016), que relatam de forma detalhada as 47 espécies de eucalipto mais cultivadas no Brasil e as recomendam conforme as necessidades climáticas de cada espécie na forma de gráficos, tabelas e mapas.

As sementes dos 6 genótipos de eucalipto foram pré-germinadas em sementeiras e acondicionadas em casa de sombra com sombrite de 50%, sendo que as primeiras plantas germinaram após 15 dias. A repicagem para a unidade experimental ocorreu 25 dias após as primeiras plantas germinarem nas sementeiras. Para isso, utilizou-se vasos plásticos com capacidade de 8 litros, sendo uma planta por vaso e o substrato utilizado foi uma mistura de terra vegetal comercial, da marca Garden Plus e areia lavada, na proporção 1:1 (v/v), contendo 7 kg por vaso. Para reduzir a evapotranspiração e evitar o desenvolvimento de algas, todas as unidades experimentais tiveram os vasos cobertos com lona plástica.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial 6 x 2, sendo seis genótipos de eucalipto, dois regimes hídricos e cinco repetições.

Os regimes hídricos aplicados foram: a) irrigado, em que a umidade do substrato foi mantida próxima à capacidade de campo, e b) não irrigado, em que a irrigação foi suspensa no dia 0 do experimento, mantendo-se essa condição até o final do experimento, ou seja, 15 dias.

As trocas gasosas foram avaliadas, após 15 dias, utilizando-se um analisador de gás no infravermelho - IRGA, modelo Li-6400XT (LI-COR Inc., CA, EUA). A eficiência do uso da água (EUA), foi calculada pela relação entre a fotossíntese líquida

e a transpiração foliar (P_N/E), e a eficiência de carboxilação (EC) foi verificada a partir da relação entre a fotossíntese líquida e a pressão parcial de CO_2 (P_N/C_i). Também ocorreu a avaliação dos parâmetros de fluorescência da clorofila a. Para tanto, foi utilizado um fluorômetro acoplado ao IRGA (modelo Li-6400-40). As medidas foram realizadas seguindo a metodologia de Schreiber et al. (1994).

O dano de membrana (DM) foi obtido segundo metodologia de Martins (2012). Para a avaliação de massa seca, as plantas foram particionadas em raiz, caule e folha, acondicionados separadamente em sacos de papel e levados a estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem a massa constante. De posse dos resultados de massa seca, foi calculado a relação raiz/parte aérea por planta, dividindo-se a massa seca da raiz, pela soma das massas secas da folha e do caule. Visto que, a alocação de biomassa foi obtida por meio da divisão da massa seca de cada órgão (folha, caule e raiz), pela massa seca total.

Por fim, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias posteriormente foram comparadas utilizando o teste de Tukey, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Resultados e discussão

Na condução deste experimento, não foi observada morte de qualquer unidade experimental, mostrando um bom desempenho das plantas.

As variáveis de fotossíntese líquida (P_N) mostraram diferenças significativas entre os tratamentos, em que os genótipos sob estresse hídrico obtiveram taxas menores (Figura 1A). Situação semelhante foi obtida por Fernandes et al. (2015), quando submetem quatro clones de eucalipto sob suspensão de irrigação por 20 dias em casa de vegetação em Vitória da Conquista – BA.

Observou-se que as variáveis de concentração intercelular de CO_2 (C_i) e eficiência do uso da água (EUA) dos genótipos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulenses* (AEC0601) e o *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (RIP01), não obtiveram diferença estatística entre os tratamentos (Figura 1). Com isso, verifica-se possivelmente uma tendência destes genótipos responder essa restrição ambiental e manter a perda mínima de água e metabolicamente funcionais e vivas (Navarrete-Campos et al, 2013).

Sabe-se, que a redução na condutância estomática (gS) é uma referência para avaliar o grau de estresse hídrico nas plantas, devido à sua boa sensibilidade às mudanças na disponibilidade de

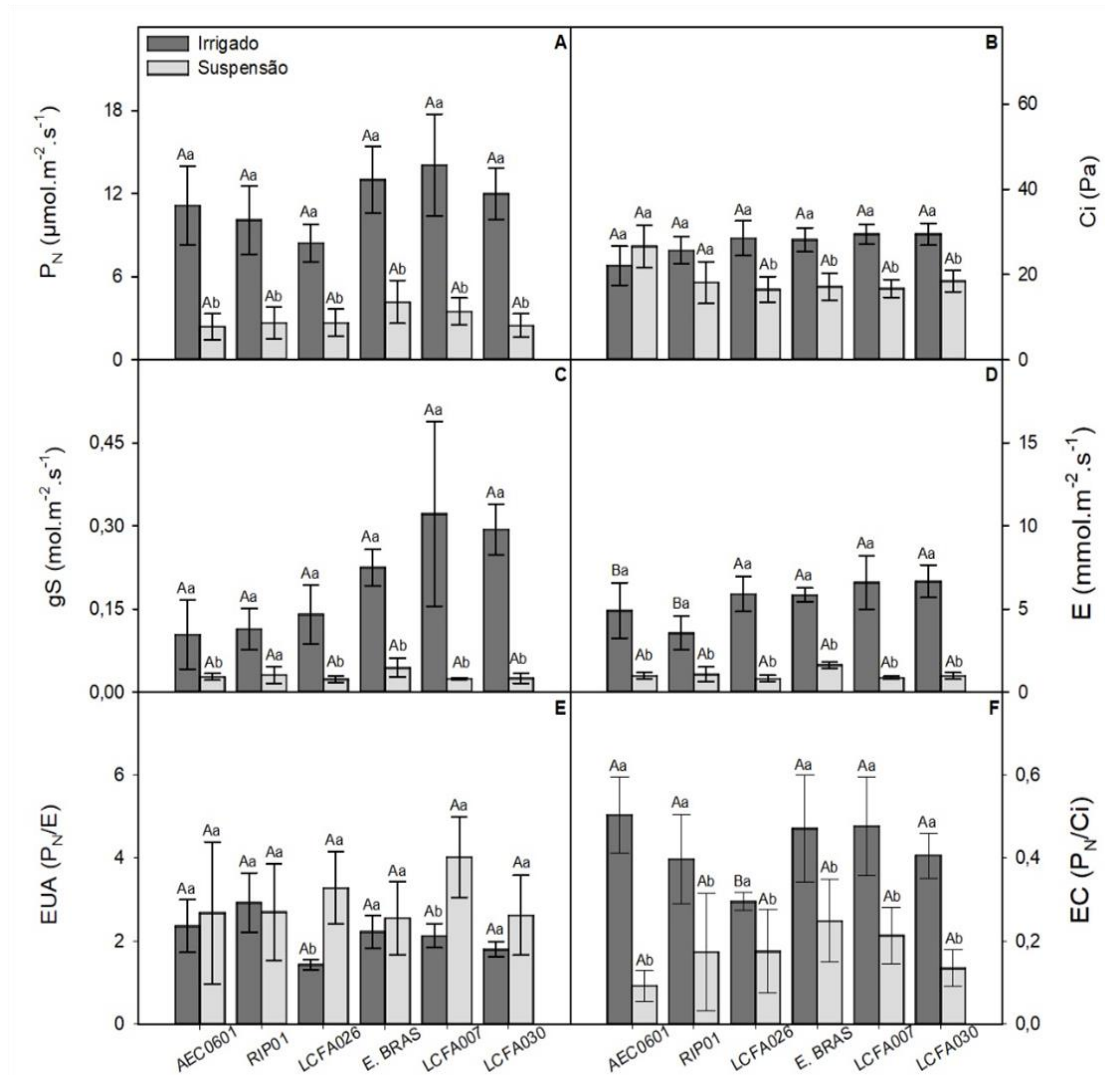
água (Eksteen et al., 2013). Neste sentido, com exceção do híbrido RIP01, os genótipos sob suspensão de irrigação apresentaram taxas até sete vezes menores que as médias dos genótipos irrigados. Segundo Lawlor e Tezara (2009), em situação de déficit hídrico o fechamento estomático depende de alterações de componentes hidráulicos (como o teor relativo de água, o potencial osmótico e a pressão do turgor) do aparelho estomático (incluindo o transporte de água através das membranas) e dos processos metabólicos, relacionados por exemplo à ABA, que se acumula à medida que o turgor é perdido. Para Fernandes et al. (2015), acúmulo de CO_2 na câmara subestomática também pode provocar o fechamento dos estômatos, resultando na inibição da condutância estomática.

Em geral, genótipos irrigados apresentaram taxas de transpiração (E) similares, com exceção, os híbridos: AEC0601 e RIP01 que apresentaram diferença estatísticas entre os demais genótipos irrigados, exibindo as menores taxas. Segundo Xavier et al. (2019), a taxa de transpiração tende a aumentar quando o gradiente de potencial hídrico entre a folha e a atmosfera aumentam, pois este gradiente além de ser alterado por flutuações de temperatura, também pode aumentar quando há déficit hídrico no solo.

Quanto à eficiência do uso da água (EUA), em geral, não se observou diferença estatística significativa entre os genótipos irrigados e não irrigados, com exceção da *Eucalyptus cloeziana* (LCFA026) e da *Eucalyptus urophylla* (LCFA007), revelando que estes genótipos possuem, em menor ou maior escala, algum mecanismo de adaptação para tolerar o estresse hídrico. Estudos conduzidos por Reis et al. (2021), no município Viçosa-MG em dez clones comerciais de eucalipto submetidos ao déficit hídrico com solo mantido a 50% de capacidade de campo por 40 dias, observaram que estes genótipos foram mais eficientes quanto ao uso da água.

A eficiência de carboxilação (EC) foi menor em todos os genótipos em estresse hídrico e o genótipo LCFA026 apresentou menor EC entre os genótipos irrigados. Esta menor eficiência ocorre, provavelmente, em razão do fechamento estomático, que resulta em redução da atividade fotossintética, da transpiração foliar e da concentração intercelular de CO_2 (Lawlor e Tezara, 2009).

A exposição à seca causou alterações nos processos fotoquímicos da fotossíntese, avaliados através dos parâmetros de fluorescência da clorofila a.



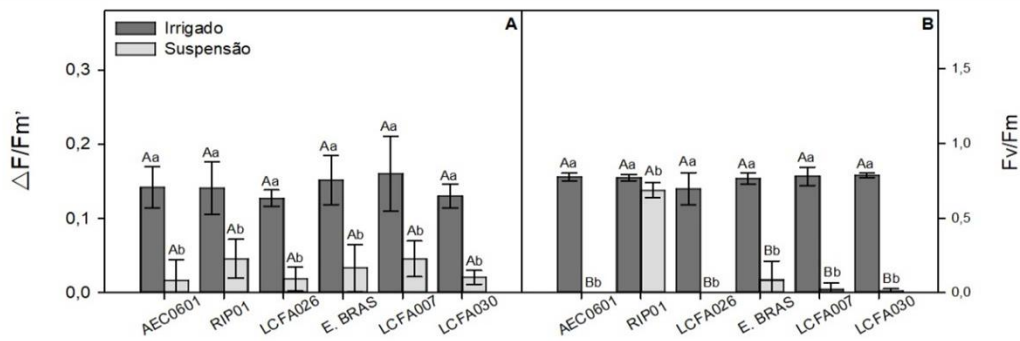
(*) Letras maiúsculas comparam genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico, enquanto letras minúsculas comparam tratamentos hídricos para cada genótipo

Figura 1. Fotossíntese líquida (A), concentração intercelular de CO₂ (B), condutância estomática (C), transpiração foliar (D), eficiência de uso da água (E), eficiência de carboxilação (F) em seis genótipos de eucalipto sob estresse hídrico após 15 dias.

Na figura 2 observa-se que todos os genótipos submetidos à suspensão de irrigação apresentaram menor eficiência quântica atual ($\Delta F/F_m'$), em comparação com os genótipos irrigados, indicando neste sentido, a possibilidade de fotoinibição nestas plantas.

A eficiência quântica potencial ou total (F_v/F_m), a qual é um importante indicador do estado funcional do aparato fotossintético, é considerada uma estimativa da eficiência quântica do FSII

(Baesso, 2011). Neste sentido, a maioria dos genótipos irrigados não apresentaram indicativo de dano ou fotoinibição no FSII. Já os genótipos sob estresse hídrico apresentaram fotoinibição, com exceção do RIP01, que obteve valor próximo aos genótipos irrigados, com isso, evidencia-se que o estresse hídrico aplicado não foi suficiente para provocar danos fotoinibitórios no aparato fotossintético do FSII deste genótipo.



(*). Maiúsculas comparam genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico, enquanto letras minúsculas comparam tratamentos hídricos para cada genótipo

Figura 2. Eficiência quântica atual (A) e potencial (B) em seis genótipos de eucalipto sob estresse hídrico após 15 dias.

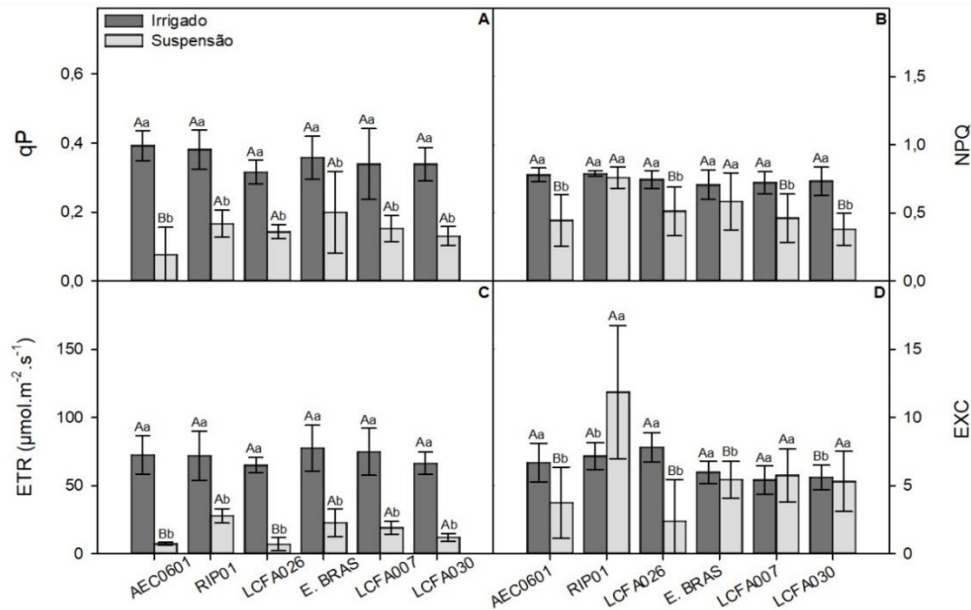
O quenching fotoquímico (qP) é a dissipação (extinção) causada pelo processo fotoquímico, ou seja, é causado pela utilização da energia para a redução do $NADP_+$, sendo que ele decresce na proporção do fechamento dos centros de reação (Campostrini, 2001). Neste sentido, os genótipos submetidos ao estresse hídrico diferiram estatisticamente dos genótipos irrigados (Figura 3A) e obtendo, em geral, um percentual 42,0% menor em relação as estes.

Em geral, esperava-se um maior NPQ em todos os genótipos submetidos ao estresse hídrico em relação ao tratamento irrigado, no entanto, verificou-se o contrário. Os genótipos sob estresse obtiveram valores de NPQ menores em relação aos tratamentos irrigados, com exceção do RIP01 e do *Eucalyptus brassiana* (E.BRAS), que não obtiveram diferenças estatísticas entre os tratamentos (Figura 3B). Segundo Wang et al. (2018) estes valores sugerem aumento da dissipação de energia através do ciclo da xantofila, que é um mecanismo de proteção para manter a fotossíntese normal nas plantas. Neste sentido, a tentativa de dissipar o excesso de energia, está relacionada também com o aumento quântico da fluorescência não fotoquímica, sendo que este aumento descontrolado pode significar que os fluxos de energia estão fora de

controle e podem produzir fotoinibição (Kramer et al., 2004).

Verifica-se também na Figura 3C, que o AEC0601 e o *Eucalyptus cloeziana* (LCFA026) apresentaram menores valores de ETR, assim diferindo estatisticamente entre os demais genótipos quando submetidos a suspensão de irrigação. Segundo Reis et al. (2021), uma diminuição na ETR pode ser causada em razão da dissipação de energia em forma de calor, representando um mecanismo de proteção de fotossistemas em condições de seca, no entanto esta taxa por si só não é suficiente para impedir a ocorrência de danos fisiológicos nas plantas.

O excesso relativo de energia (EXC) explica a quantidade de elétrons disponível em relação ao CO_2 absorvido pela planta. Os genótipos irrigados não diferiram estatisticamente entre si, com exceção da *Eucalyptus pellita* (LCFA030), que obteve menor valor (Figura 3D). Verifica-se também diferença estatística entre os genótipos irrigados e não irrigados, com exceção da *Eucalyptus urophylla* (LCFA007) não obteve diferença estatística significativa entre os tratamentos, indicando que sob déficit hídrico este genótipo não apresenta excesso de energia.



(*) Maiúsculas comparam genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico, enquanto letras minúsculas comparam tratamentos hídricos para cada genótipo

Figura 3. Quenching fotoquímico (A), quenching não fotoquímico (B), taxa aparente de transporte de elétrons (C) e Excesso Relativo de Energia (EXC) em seis genótipos de eucalipto sob estresse hídrico após 15 dias.

O dano de membrana (DM) representa um parâmetro que quantifica o vazamento de eletrólitos dos tecidos foliares, com isso percebeu-se que todos os genótipos submetidos ao estresse hídrico apresentaram maiores valores, em comparação com os genótipos do tratamento irrigado (Figura 4). No entanto, foi possível verificar que mesmo os genótipos plenamente irrigados apresentaram diferença estatística significativa entre si. Os híbridos AEC0601 e RIP01, mesmo sob irrigação

plena a cada três dias, apresentaram DM com valores próximos de 50%. Segundo Silva (2020), maiores danos às membranas celulares de eucalipto submetidos a seca, podem resultar em acúmulo de malondialdeído (MDA), prejuízo este acarretado pela EROS, e tais danos podem culminar em degradação dos pigmentos fotossintéticos, prejuízo à fixação de carbono, danos a respiração celular, além de vazamento de eletrólitos e até mesmo morte celular.

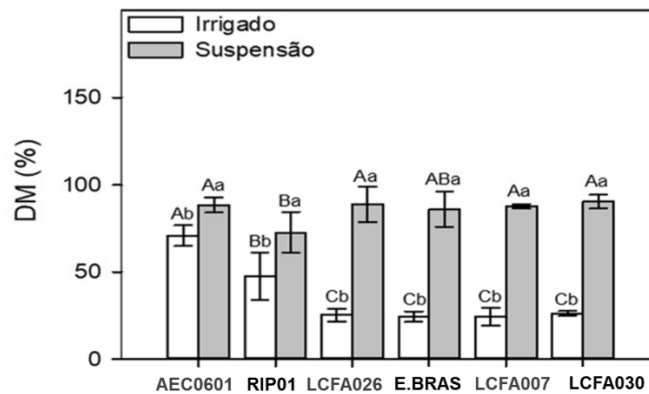


Figura 4. Dano de Membrana (DM) em seis genótipos de eucalipto sob estresse hídrico após 15 dias.

Verifica-se na tabela 1 a Massa Seca de Raiz (MSR), Massa Seca de Caule (MSC), Massa Seca de Folha (MSF) e Relação Raiz/Parte Aérea (R/Pa) dos seis genótipos de eucalipto sob estresse hídrico após 15 dias. Nesse diapasão, a MSR dos genótipos submetidos ao déficit hídrico foi maior em relação aos tratamentos irrigados, no entanto este aumento

não foi significativo entre os tratamentos dos genótipos RIP01 e LCFA026. Segundo Reis et al. (2006), após o déficit hídrico, o incremento do sistema radicular pode constituir uma estratégia eficiente na absorção de água e nutrientes e de fixação de carbono, garantindo a referida retomada de crescimento desse genótipo mesmo em regiões

que apresentam período de deficiência hídrica elevada no solo.

Não se constatou diferenças estatísticas significativas entre os genótipos irrigados e não irrigados, quando comparadas suas médias de MSC. Quanto a MSF, verificou-se que os genótipos:

RIP01, LCFA007 e LCFA030 obtiveram diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo que os dois primeiros, quando submetidos ao estresse hídrico, apresentaram valores maiores em comparação com os genótipos irrigados.

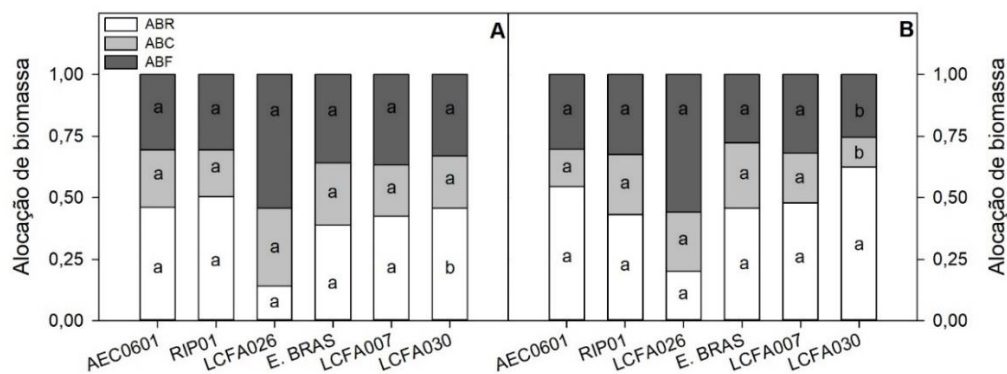
Tabela 1. Massa Seca de Raiz (MSR), Massa Seca de Caule (MSC), Massa Seca de Folha (MSF) e Relação Raiz/Parte Aérea (R/Pa) dos seis genótipos de eucalipto sob estresse hídrico após 15 dias.

Tratamentos	Genótipos	MSR (g)	MSC (g)	MSF (g)	R/Pa (g)
Irrigado	AEC0601	14,1 Ab	7,1 Ba	9,5 Ba	0,9 Ab
	RIP01	20,9 Aa	8,2 Ba	13,1 Aba	1,1 Aa
	LCFA026	4,8 Ba	10,1 ABa	18,9 Aa	0,2 Ba
	E. BRAS	22,9 Ab	17,4 Aa	23,8 Aa	0,7 ABa
	LCFA007	12,5 Bb	6,1 Ba	10,4 Aba	0,8 ABa
	LCFA030	17,4 Ab	8,1 ABa	12,6 Aba	0,9 ABb
Suspensão	AEC0601	22,9 Aa	6,8 Ba	14,3 Aa	1,3 ABa
	RIP01	23,7 Aa	12,8 ABa	17,2 Aa	0,8 BCa
	LCFA026	8,2 Ca	9,5 ABa	20,2 Aa	0,3 Ca
	E. BRAS	29,4 Aa	16,9 Aa	17,0 Aa	0,9 Ba
	LCFA007	19,1 Ba	8,6 ABa	13,2 Aa	0,9 Ba
	LCFA030	27,2 Aa	5,3 Ba	11,0 Aa	1,7 Aa

(*) Maiúsculas comparam genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico, enquanto letras minúsculas comparam tratamentos hídricos para cada genótipo

A água possui um papel de extrema importância para o desenvolvimento dos vegetais, neste sentido, para que ocorra o sucesso comercial de florestas plantadas deve-se ficar atento às características edáficas e climáticas de cada região, levando-se em conta os fatores limitantes para a produção florestal, como a restrição hídrica (Silva et al., 2019). Nesse sentido, em relação à alocação de biomassa (Figura 4), verifica-se em geral, que não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, com exceção do LCFA030, que apresentou valores significativamente superiores de matéria seca da raiz e menores biomassa do caule e da folha, quando comparado com o tratamento irrigado, indicando ser o genótipo com estratégia

eficiente para o estabelecimento em solos com redução na disponibilidade hídrica. Com isso, a alocação diferencial de biomassa deste genótipo, parece auxiliar a algum tipo de tolerância ao estresse hídrico. Estudos conduzidos por Silva et al. (2016) corroboram que esta afirmação ao enfatizar que a diminuição da disponibilidade de água do solo faz com que a planta aumente a partição de carbono para a produção de raízes, visando desta formar aumentar a capacidade de absorção de água e nutrientes. Tatagiba et al. (2016), corrobora em esta afirmação ao salientar que o crescimento do sistema radicular em profundidade é um mecanismo de defesa da planta contra a seca, e está relacionado com sua capacidade de sobrevivência.



(*) Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre tratamentos hídricos dentro de cada genótipo.

Figura 5. Alocação de biomassa para raiz, caule e folha em seis genótipos de eucaliptos irrigados (A) e sob estresse hídrico (B). ABR (biomassa da raiz); ABC (biomassa do caule) e ABF (biomassa da folha).

Conclusão

O presente trabalho teve por objetivo geral obter uma melhor compreensão do desempenho fotossintético e trocas gasosas em genótipos de eucalipto sob deficiência hídrica, assim buscando obter maiores informações e auxiliar no preenchimento de lacunas existentes quanto a esta temática.

As análises de trocas gasosas mostraram, em geral, que o estresse hídrico inibiu a fotossíntese, a condutância, a transpiração e a eficiência de carboxilação das espécies e híbridos estudados. Entretanto, foi possível observar que o híbrido RIP01 não apresentou diferença significativa nas taxas de gS, Ci e EUA entre as plantas irrigadas e não-irrigadas. Da mesma forma observou-se que o híbrido AEC0601 apresentou taxas de Ci e EUA também similares entre os tratamentos hídricos.

As análises de fluorescência foram importantes para verificar que o híbrido RIP01 apresentou maior valor de Fv/Fm em relação aos genótipos sob estresse hídrico e o NPQ não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos. Foi possível verificar também que o híbrido AEC0601 sob condição de suspensão de irrigação por 15 dias obteve menor valor de ETR e EXC.

Destaca-se também o híbrido RIP01 sob estresse hídrico apresentou menor percentual de DM.

Quanto a Relação Raiz/Parte Aérea os genótipos AEC0601 e LCFA030 merecem destaque por apresentarem, sob estresse hídrico, maior relação em comparação com os genótipos irrigados. A LCFA030 também se destaca por apresentar relação estatística significativa na alocação de biomassa.

Em geral, os híbridos RIP01 e AEC0601 e a espécie LCFA030 destacaram-se positivamente neste trabalho, no entanto ainda não é possível identificar qual dos materiais genéticos pode ser mais promissor para o estabelecimento em nossa região, necessitando ainda de mais estudos sobre o tema incluindo outros genótipos.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Acre, ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal e ao Programa de Mestrado em Ciência Florestal.

Referências

Acre. Governo do Estado do Acre (2010). *Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre*, Fase II (Escala 1:250.000): Documento Síntese. 2ª. Ed. Rio Branco: SEMA: 356 p.

Baesso RCE (2011). *Efeito do CO₂ na eficiência quântica do eucalipto e sua utilização na modelagem de seu crescimento pelo 3-PG*. 130 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) -

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011. CDD 22 ed. 630.2515.

Campostrini, E (2001). *Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas*. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/CENTRO_CCTA_1629_1112121492.pdf>. Acesso em 27/11/2019.

Fernandes ET, Cairo PAR, Novaes AB de (2015). Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, 45(1):29-34.

Eksteen AB, Grzeskowiak V, Jones NB, Pammenter NW (2013). Stomatal characteristics of *Eucalyptus grandis* clonal hybrids in response to water stress. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 75(3):. 105-111.

Ferreira CA, Silva HD da (2004). *Eucalyptus para a Região Amazônica, Estados de Rondônia e Acre*. Colombo, PR: Embrapa. ISSN 1517-5030. (Comunicado Técnico 116).

Flores TB, Alvares CA, Souza VC, Stape JL (2016). *Eucalyptus no Brasil: Zoneamento Climático e Guia para Identificação*. Piracicaba: IPEF, ISBN: 978-85-89142-07-6.

Kramer DM, Johnson G, Kiirats O, Edwards GE (2004). New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. *Photosynth. Res.* 79: 209-218.

Lawlor DW, Tezara W (2009). Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in waterdeficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes. *Annals of Botany*, 103: 561-579.

Larcher W (2006). *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 3 ed. 550 p.

Navarrete-Campos D, Bravo LA, Rubilar RA, Emhart V, Sanhueza R (2013). Drought effects on water use efficiency, freezing tolerance and survival of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus globulus* × nitens cuttings. *New Forests*, 44: 119-134.

Reis LAC, Oliveira JA de, Farnese F dos S, Rosado AM, Reis LAC (2021). Chlorophyll fluorescence and water content parameters are good biomarkers for selecting drought tolerant eucalyptus clones. *Forest Ecology and Management*, 481(1).

- Schreiber U, Bilger W, Neubauer C (1994). Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: Schulze, ED.; Caldwell, MM. (Eds.). *Ecophysiology of photosynthesis*. Berlin: Springer, (Ecological Studies, 100): 49–70.
- Silva HKP da (2020). *Análise comparativa das respostas metabólicas à restrição hídrica e reidratação em folhas de dois clones comerciais de eucalipto*. 159f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, SP, 2020.
- Silva P, Campoe O, Paula R, Lee D (2016). Seedling growth and physiological responses of sixteen eucalypt taxa under controlled water regime. *Forests*, 7(110).
- Silva JG da, Tagliaferre C, Paula A de, Lemos OL, Rocha, FA (2019). Influência da lâmina de água e consumo hídrico de cinco essências florestais. *Irriga*, Botucatu, 24(2): 303-319
- Silva VE, Buzetti S, Laclau J, Montanari R, Panosso AR, Dias SCM, Silva JF. da (2020). Consequences of soil attributes on the productivity and eucalypt drought response in two climate types in Brazil. *Ciência Florestal*, 30(1).
- Siviero A, Roweder C, Macedo PEF de, Furtado EL (2019). *Doenças em Eucalipto no Acre*. Embrapa-Acre. 16 p. ISSN 0100-9915. (Circular Técnica 78).
- Sousa JW (2020). Características climáticas do município de Rio Branco, Acre, período de 1990-2019. *Scientia Naturalis*, 2(2): 723-740.
- Martins MO (2012). *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.
- Tatagiba SD, Pezzopane JEM, Vinco JS, Pinheiro AA (2016). Crescimento de clones de eucalipto em diferentes condições microclimáticas e lâminas de água no substrato. *Irriga*, Botucatu, SP, 21(1): 104-118. ISSN 1808-3765.
- Wang Z, Li G, Sun H, Ma L, Guo Y, Zhao Z, Gao H, Mei L (2018). Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. *Biology Open*, 7(11).
- Xavier TMT, Pezzopane JEM, Penchel RM, Pezzopane JRM (2019). Leaf water potential and gas exchange of eucalypt clonal seedlings to leaf solar protectant. *Journal of Forestry Research*, 30: 57–63.