

*Ecofisiologia de mudas de *Hymenaea courbaril* L. em função da indução à deficiência nutricional*

A *Hymenaea courbaril* L. popularmente conhecida como jatobá, é uma essência florestal nativa (EFN) do Brasil com grande potencial para projetos de reflorestamento devido às suas baixas exigências nutricionais, baixa demanda hídrica, excelente qualidade da madeira e atratividade dos frutos para a fauna. No entanto, nota-se a carência de estudos voltados para fisiologia de EFNs em situação de estresse nutricional, sendo que tal conhecimento contribuirá para sua conservação ecológica. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar as características fisiológicas de plântulas de *H. courbaril* em situação de deficiência nutricional. O delineamento inteiramente casualizado foi aplicado em esquema de sete parcelas principais (sete soluções nutritivas), subdivididas em duas subparcelas (duas fases de crescimento) e quatro repetições, totalizando 56 unidades experimentais. As parcelas principais foram compostas por sete soluções nutritivas: completas, contendo todos os nutrientes essenciais; omitindo nitrogênio ou fósforo, potássio, cálcio, magnésio; e omitindo todos os nutrientes essenciais. As subparcelas foram constituídas por duas fases de crescimento, com avaliação aos 70 e 126 dias após o transplante das mudas (DAT). As omissões não promoveram alterações para a maioria das características fisiológicas. No entanto, fotossíntese líquida, condutância estomática, concentração interna de dióxido de carbono, eficiência instantânea do uso da água e eficiência intrínseca do uso da água foram maiores aos 126 DAT.

Palavras-chave: Jatobá; Nutrição mineral; Clorofila; Trocas gasosas.

*Ecophysiology of *Hymenaea courbaril* L. seedlings in nutritionally deficient situations*

Hymenaea courbaril L. popularly known as jatobá, is a native forest essence (NFE) from Brazil with great potential for reforestation projects due to its low nutritional requirements, low water demand, excellent wood quality and attractiveness for fauna's fruits. However, there is a lack of studies focused on the physiology of NFEs in situations of nutritional stress, and such knowledge will contribute to their ecological conservation. Thus, this study aimed to evaluate the physiological characteristics of *H. courbaril* seedlings in a deficiency nutritional situation. The completely randomized design was applied in a scheme of seven main plots (seven nutrient solutions), subdivided into two subplots (two growth phases) and four replications, totaling 56 experimental units. The main plots were composed with seven nutrient solutions: complete, containing all essential nutrients; omitting nitrogen or phosphorus, potassium, calcium, magnesium; and omitting all essential nutrients. The subplots consisted of two growth phases, with evaluation at 70 and 126 days after seedling transplantation (DAT). The omissions did not promote changes for most of the physiological characteristics. However, net photosynthesis, stomatal conductance, internal carbon dioxide concentration, instantaneous water use efficiency and intrinsic water use efficiency were higher at 126 DAT.

Keywords: Jatobá; Mineral nutrition; Chlorophyll; Gas exchanges.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **08/09/2022**

Approved: **25/09/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Amanda da Silva Vieira 
Faculdade de Rolim de Moura, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2390292675429062>
<http://orcid.org/0000-0001-6907-7792>
amandasvieira.engflorestal@gmail.com

Ketlen Faião Alves Maltezo 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9234047802787164>
<http://orcid.org/0000-0002-5659-400X>
ketlenfaiao@gmail.com

Mayara Mendonça Santos 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6111467016868913>
<http://orcid.org/0000-0001-6599-6732>
mayaraflorestal10@gmail.com

Maxuel dos Santos Almeida 
Faculdade de Rolim de Moura, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5873953404149277>
<http://orcid.org/0000-0002-1953-3435>
almeidamax5@gmail.com

Lucas Henrique Vieira Lenci 
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2651567422296920>
<http://orcid.org/0000-0002-3543-9422>
lucashenriquevl@gmail.com

Jairo Rafael Machado Dias 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3382563390871398>
<http://orcid.org/0000-0003-4039-1168>
jairorafaelmdias@unir.br

Kenia Michele de Quadros Tronco 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2209314957208420>
<http://orcid.org/0000-0003-0873-9582>
keniatronco@unir.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0012

Referencing this:

VIEIRA, A. S.; MALTEZO, K. F. A.; SANTOS, M. M.; ALMEIDA, M. S.; LENCI, L. H. V.; DIAS, J. R. M.; TRONCO, K. M. Q.. Ecofisiologia de mudas de *Hymenaea courbaril* L. em função da indução à deficiência nutricional. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.9, p.144-152, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0012>

INTRODUÇÃO

O aumento do desmatamento e das queimadas na floresta amazônica têm gerado grande preocupação com a conservação dos recursos naturais devido sua exploração ser realizada de forma indiscriminada. Ocasionalmente, assim, a redução da cobertura vegetal com significativos impactos, acelerando o quadro de degradação ambiental (OLIVEIRA et al., 2022). Contudo, visando restabelecer o equilíbrio desses ecossistemas, faz-se necessário a implantação de projetos de recuperação de áreas utilizando-se espécies arbóreas nativas durante a recomposição (FILHO et al., 2007).

Um dos grandes desafios na recomposição de florestas nativas consiste na produção de mudas de qualidade que possam suprir a demanda em programas de reflorestamento (CARVALHO FILHO et al., 2003). Dentre as várias espécies arbóreas nativas do Brasil, a *Hymenaea courbaril* L. (1753), popularmente conhecida como jatobá, passou a ser objeto de pesquisa por apresentar vasta distribuição geográfica, facilidade e rusticidade na produção de mudas, além da alta sobrevivência em campo (MATHEUS et al., 2011). De acordo com APG IV (2016), a espécie classifica-se em Ordem Fabales, Família Fabaceae e Subfamília Caesalpinioideae.

No Brasil, o jatobá ocorre desde o estado do Piauí até o norte do Paraná em floresta semidecídua (MATHEUS et al., 2011). A espécie é considerada clímax, porém pode ser classificada como tolerante à sombra, ocorrendo em baixa densidade populacional (TOLEDO, 2005). Pode alcançar altura de até 30 m na região Amazônica e 2m de diâmetro, seus frutos são vagens indeiscentes, apresentando de 2 a 4 sementes, envoltas por uma polpa farinácea comestível, muito nutritiva e de forte odor (LORENZI, 2016).

Além do fruto ser muito atrativo para fauna, o que contribui para sua dispersão, o mesmo apresenta diversos usos culinários, como a farinha, com elevado teor de nutrientes (LORENZI, 2016). O jatobá também possui importante valor econômico, o qual tem como principal produto a madeira, que pode ser amplamente empregada na construção civil (MATHEUS et al., 2011). Apresenta grande potencial para projetos de reflorestamento, pois possui poucas exigências nutricionais e hídricas, o que torna o projeto mais eficiente e rentável.

Segundo Taiz et al. (2013), as necessidades de elementos minerais mudam ao longo do crescimento e do desenvolvimento de uma planta. Os sintomas de deficiência nutricional são a expressão de distúrbios metabólicos, resultantes do suprimento inadequado de um elemento essencial. Tais perturbações estão relacionadas aos papéis desempenhados pelos elementos no metabolismo e funcionamento da planta. Alguns elementos essenciais podem prontamente mover-se de uma folha para outra, enquanto outros, são relativamente imóveis na maioria das espécies vegetais.

A folha vegetal é o órgão que melhor representa as condições da planta, devido ser o local onde ocorre a maioria das reações metabólicas, sendo de extrema importância a análise dos processos sucedidos na mesma. É na folha que ocorre a fotossíntese, ou seja, produção de matéria orgânica através do CO₂ fixado pela planta, e por meio de suas estruturas flexíveis denominadas estômatos, ocorrem as trocas gasosas. Além de controlar a entrada e saída de gases, os estômatos mantêm a temperatura interna adequada ao

desenvolvimento da planta e controla sua transpiração (perda de água da planta).

Informações relacionadas as respostas fisiológicas de espécies florestais nativas (EFN) em situação de estresse nutricional, tornam-se relevantes para programas de reflorestamento, podendo ser úteis na escolha de EFN aptas a reposição florestal, principalmente em ambiente amazônico, em que a maioria dos solos, tradicionalmente são de baixa fertilidade natural (LONGO et al., 2011). Sendo assim, tornam-se indispensáveis os ensaios biológicos, que permitem quantificar as respostas fisiológicas de EFN a partir da indução da deficiência nutricional (SILVA et al., 2005).

Estudos que tem por finalidade avaliar o efeito de cada nutriente no metabolismo da planta, é comum o uso da técnica do elemento faltante, caracterizada por ser simples e segura na identificação de deficiências nutricionais. Esta metodologia consiste no crescimento de uma planta sob condições de campo ou casa de vegetação, onde é testado um tratamento completo (todos elementos essenciais) e uma série de tratamentos, nos quais realiza-se a omissão de cada nutriente de forma individual (SOUZA et al., 2006; SILVA et al., 2005).

Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito da deficiência nutricional sobre as trocas gasosas e o índice de clorofila total durante a fase de formação das mudas de jatobá.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre julho a dezembro de 2014, em casa de vegetação, na Fundação Universidade Federal de Rondônia, no Campus de Rolim de Moura – RO. O clima predominante em Rondônia, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw - Clima Tropical Chuvoso, a média anual da precipitação pluviométrica varia entre 1.400 a 2.600 mm.ano⁻¹, com precipitação inferior a 20 mm nos meses de junho, julho e agosto, enquanto a média anual da temperatura do ar varia entre 24 e 26 °C (SEDAM, 2010).

As sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) foram doadas pela organização Ação Ecológica Guaporé (Ecoporé), sendo coletadas em setembro de 2013 no município de Rolim de Moura – RO. Devido a necessidade de quebra de dormência da espécie foi realizada a escarificação manual, em seguida foram imersas em água sob temperatura ambiente e permaneceu em repouso por um período de 24 horas.

A semeadura foi realizada em sementeira com areia tratada, através da imersão em uma solução contendo ácido clorídrico a 1M sob concentração de 2,1 ml.L⁻¹ de água deionizada durante 20 dias, seguida de lavagem constante. Aos 26 dias após a emergência, quando as plântulas alcançaram tamanho uniforme, com aproximadamente 15 cm de altura, realizou-se a repicagem para recipiente com volume de seis litros, utilizando-se como substrato areia tratada.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições. A parcela principal foi constituída por soluções nutritivas (SN): como testemunha a solução nutritiva completa composta pelos nutrientes essenciais; SN omitindo-se nitrogênio (-N); omissão de fósforo (-P); omissão de potássio (-K); omissão de cálcio (-Ca); omissão de magnésio (-Mg) e total de nutrientes (Omissão total). E as épocas de avaliação (tempo) foram alocadas nas subparcelas 70 e 126 dias após a repicagem (DAR). Cada parcela foi constituída por uma planta, totalizando

56 unidades experimentais.

As fontes de nutrientes utilizadas neste estudo foram: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , KCl , NH_4NO_3 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, Na_2SO_4 , MgSO_4 , NaNO_3 , KH_2PO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , MnCl_2 , H_3BO_3 , ZnSO_4 , $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$, CuSO_4 , Na_2EDTA , FeCl_3 , Na_2MoO_4 , CuCl_2 e ZnCl_2 . Após o transplante das plantas, foram realizadas 11 aplicações de soluções nutritivas em intervalos de 10 dias, utilizando 300 cm³ de solução nutritiva por aplicação. A reaplicação das soluções nutritivas foi realizada seguindo o protocolo de Braccini et al. (1999) e o pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,5, ajustando com ácido clorídrico 0,5 M (HCl) e hidróxido de sódio 0,5 M (NaOH) quando necessário.

A solução nutricional completa teve a seguinte composição: 3,75 mmolL⁻¹ N; 0,25 mmolL⁻¹P; 1,5 mmolL⁻¹K; 1 mmolL⁻¹ Ca; 0,5 mmolL⁻¹ Mg; 0,5 mmolL⁻¹S; 11,5 µmolL⁻¹B; 0,075 µmolL⁻¹ Cu; 22,5 µmolL⁻¹ Fe; 3,15 µmolL⁻¹ Mn; 0,025 µmolL⁻¹ Mo; 0,325 µmolL⁻¹ Zn. Para os outros seis tratamentos, foram aplicadas soluções com omissões isoladas da solução completa, com exceção de OT. A posição dos recipientes foi girada semanalmente.

Os vasos foram irrigados diariamente com água deionizada, no intervalo entre uma aplicação e outra da solução nutritiva. A umidade foi mantida próxima a capacidade de campo, a princípio pesou-se os vasos com areia seca e depois realizou-se o peso úmido dos mesmos, por meio de pesagem diária durante todo o período experimental. Através da diferença entre peso úmido e seco, estabeleceu-se limite mínimo de 80% da capacidade de campo dos vasos. Para evitar o efeito de localização na casa de vegetação, os vasos foram submetidos a rodízio periódico.

Aos 70 e 126 DAR das mudas avaliou-se: índice de clorofila total (ICT) e as trocas gasosas, constituídas pela fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci). Através dos valores de A, E e gs foram calculadas a eficiência instantânea do uso da água que relaciona a assimilação de CO₂ com a transpiração (A.E-1) e a eficiência intrínseca do uso de água, a qual relaciona a assimilação de CO₂ com a condutância estomática (A.gs-1).

O ICT foi determinado a partir de um medidor de clorofila (ClorofilOG, modelo CFL 1030), operado de acordo com as especificações do fabricante (FALKER, 2008). Para cada planta realizou-se leituras em 1 par de folhas, obtendo-se então valor médio por planta. E para determinação da A, E, gs e Ci utilizou-se um analisador de gases infravermelho (Infra Red Gas Analyser – IRGA), modelo LCI-SD que mede a concentração de CO₂ e de vapor de água, por radiação infravermelha (Figura 3). As folhas encontravam-se totalmente expandidas e as leituras foram sempre realizadas no terceiro par de folha a partir do ápice, seguindo contagem de 1 minuto para cada leitura. As medições foram realizadas sempre no período da manhã, entre as 9 e 11 horas.

Para as análises estatísticas, utilizou-se o programa computacional Assistat (Assistência Estatística - ASSISTAT versão 7.7 beta, 2015). Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando-se o teste F ($p \leq 0,05$). E após a obtenção dos dados 28 significativos, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as respostas fisiológicas nas mudas de jatobá submetidas a deficiência nutricional, houve efeito significativo apenas para transpiração (E) e para o índice de clorofila total (ICT). De forma distinta, quanto ao estágio fenológico (tempo), houve efeito significativo para todas as características fisiológicas com exceção da E. Quanto a interação entre as soluções nutritivas e o tempo houve efeito significativo para fotossíntese líquida (A), E e ICT. As demais características fisiológicas agiram de modo independente (Tabela 1).

Tabela 1: Resumo da análise de variância para fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência instantânea de uso da água (A.E⁻¹), eficiência intrínseca de uso da água (A.gs⁻¹) e índice de clorofila total (ICT) durante o desenvolvimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas a solução nutritiva (SN) completa e as SNs com omissões de N, P, K, Ca, Mg, total de nutrientes, aos 70 e 126 dias após repicagem.

Fontes de Variação	Quadrados Médios (Parâmetros)								
	GL	A	gs	E	Ci	A.E ⁻¹	A.gs ⁻¹	ICT	
(SNs)	6	0,094 ^{ns}	0,001 ^{ns}	2,218*	1136,33 ^{ns}	0,012 ^{ns}	9,174 ^{ns}	376,39**	
Resíduo – SNs	21	0,069	0,002	0,614	443,377	0,010	7,733	11,44	
Tempo (T)	1	2,386**	0,062**	0,026 ^{ns}	10368,64**	0,370**	58,183**	1176,24**	
Int. SNs x T	6	0,137*	0,005 ^{ns}	1,707**	586,10 ^{ns}	0,016 ^{ns}	13,110 ^{ns}	31,29**	
Resíduo – T	21	0,043	0,002	0,408	316,37	0,008	6,028	7,59	
CV (%) – SNs	-	61,60	37,86	26,88	5,95	60,58	76,99	9,48	
CV (%) – T	-	48,45	35,13	21,91	5,02	55,26	67,97	7,72	

ns, ** e * - Não significativo e significativo pelo teste F, ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Com relação aos coeficientes de variação (CV) tanto para as soluções nutritivas (SNs) quanto para os estágios fenológicos nas mudas de jatobá (tempo), os valores inferiores a 10% (baixo) foram observados para concentração interna de CO₂ e índice de clorofila total. Valores entre 20% e 30% (mediano) para transpiração. Valores acima de 30% (alto) para fotossíntese líquida, condutância estomática, eficiência instantânea e intrínseca de uso da água. E, isso indica alta, mediana e baixa precisão experimental, respectivamente (GOMES, 1990). Entretanto, essa classificação não considera a espécie estudada, variáveis analisadas, heterogeneidade do ambiente e o tamanho da parcela, principalmente (COUTO et al., 2013).

Desta forma, os CV tidos como mediano e alto são justificados pela variabilidade genética das sementes do jatobá e, principalmente pela complexidade das características fisiológicas analisadas, uma vez que, o equipamento de leitura portátil IRGA (modelo LCi-SD) mede a dinâmica da folha em tempo real, de modo que torna-se impossível o controle das trocas gasosas a cada leitura, ainda que, se tenha estabelecido o mesmo horário e uma folha padrão para coleta dos dados, afim de padronizar as medições.

A condutância estomática e a eficiência instantânea de uso da água obtidas neste trabalho foram inferiores aos valores encontrados para girassol sob estresse hídrico (SILVA et al., 2013) e jatobá sob supressão de N, P, K (NASCIMENTO et al., 2014). Entretanto, a concentração interna de CO₂ encontrada nas mudas de jatobá neste trabalho foram superiores ao girassol e o próprio jatobá, anteriormente descritos. E, quanto ao estágio fenológico (tempo) na avaliação das mudas, a condutância estomática, concentração interna de CO₂, eficiência instantânea e intrínseca de uso da água foram maiores aos 126 dias após a repicagem (DAR) comparativamente a avaliação realizada aos 70 DAR (Tabela 2).

Tabela 2: Condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência instantânea (A.E⁻¹) e intrínseca (A.gs⁻¹) de uso da água em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas a solução nutritiva (SN) completa e as SNs com omissões de N, P, K, Ca, Mg, total de nutrientes, aos 70 e 126 dias após repicagem.

Tratamentos	gs (molH ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹)	Ci (μmolCO ₂ .mol ⁻¹)	A.E ⁻¹ (μmolCO ₂ .molH ₂ O ⁻¹)	A.gs ⁻¹ (μmolCO ₂ .molH ₂ O ⁻¹)
Soluções nutritivas				
Média	0,13	354,07	0,16	3,61
Estádios fenológicos (tempo)				
70 DAR	0,10 b	340,46 b	0,08 b	2,59 b
126 DAR	0,16 a	367,68 a	0,24 a	4,63 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Scott-Knott.

Os maiores valores para as características fisiológicas encontradas no segundo período de avaliação são justificados pelo incremento foliar nas mudas, em que aos 126 DAR tornam-se com maior capacidade de suprir as demandas metabólicas da planta, visto que quanto maior área foliar, maior o número de estômatos na folha, o que ocasiona aumento na condutância estomática, concentração interna de CO₂, eficiência instantânea e intrínseca de uso de água, além de propiciar um aumento nos teores de pigmentos fotossintéticos e influenciar a produtividade do vegetal. Outro fator importante a se mencionar, é que para Silva et al. (2013), o aumento do tamanho da folha pode proporcionar um melhor aproveitamento da intensidade luminosa, conseqüentemente maior o potencial fotossintético da planta.

A fotossíntese líquida (A) não foi afetada pelas omissões de N, P, K, Ca, Mg e total de nutrientes, independente do período de avaliação (70 e 126 DAR). Entretanto, os maiores valores para A foram obtidos aos 126 DAR para as omissões de N, P, K e Mg em relação àqueles valores obtidos aos 70 DAR (Tabela 3).

Tabela 3: Taxa fotossintética líquida em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas a solução nutritiva (SN) completa e as SNs com omissões de N, P, K, Ca, Mg, total de nutrientes, aos 70 e 126 dias após repicagem.

Solução nutritiva (SN)	Fotossíntese Líquida (μmolCO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹)	
	70 DAR	126 DAR
Completa	0,25 aA	0,46 aA
(-N)	0,21 aB	0,66 aA
(-P)	0,20 aB	0,69 aA
(-K)	0,21 aB	0,56 aA
(-Ca)	0,22 aA	0,52 aA
(-Mg)	0,19 aB	0,63 aA
Omissão total	0,26 aA	0,42 aA
Média	0,22 B	0,63 A

As médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Scott-Knott.

Resultados similares foram relatados em estudos sobre trocas gasosas de cafeeiros e seringueiras em diferentes sistemas de cultivo (OLIVEIRA et al., 2006), árvores jovens de Andiroba (MARENCO et al., 2007), clones de eucalipto sob distintos regime de irrigação (VELLINI et al., 2008) e sob diferentes condições edafoclimáticas (OTTO et al., 2013). No entanto, os resultados divergiram dos apresentados por Nascimento et al. (2014) estudando os aspectos ecofisiológicos de mudas de jatobá sob supressão de N, P e K.

Os maiores valores fotossintéticos observados no segundo período fenológico são explicados pelas folhas não se apresentarem completamente formadas aos 70 DAR, sendo consideradas drenos (órgãos não-fotossintéticos ou que não produzem fotossintatos em quantidades suficientes para suas próprias necessidades de crescimento ou reserva). E as folhas referentes aos 126 DAR passam a ser caracterizadas como fontes (folhas maduras as quais são capazes de produzir fotossintatos além de suas necessidades, órgão exportador), as quais produzem fotossintatos e os distribuem através do floema para as áreas de

metabolismo intenso ou armazenamento (TAIZ et al., 2013).

A transpiração (E) nas mudas de jatobá não foi afetada pelas omissões de P, K, Ca e Mg, aos 70 DAR e, N e P, aos 126 DAR. Entretanto, quando comparados os efeitos individuais das soluções nutricionais em cada estágio fenológico, a omissão de N e Mg aos 70 e 126 DAR, respectivamente proporcionaram maiores valores de E (Tabela 4).

Tabela 4: Fluxo transpiratório em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas a solução nutritiva (SN) completa e as SNs com omissões de N, P, K, Ca, Mg, total de nutrientes, aos 70 e 126 dias após repicagem.

Solução nutritiva (SN)	Transpiração (mmolH ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹)	
	70 DAR	126 DAR
Completa	2,56 bA	1,77 bA
(-N)	3,66 aA	2,03 bB
(-P)	2,36 bA	2,68 bA
(-K)	2,26 bA	3,13 aA
(-Ca)	3,00 bA	3,17 aA
(-Mg)	2,90 bB	3,87 aA
Omissão total	3,82 aA	3,61 aA

As médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Scott-Knott.

Quanto ao aumento da transpiração observado no presente trabalho, foi similar ao resultado encontrado por Vellini et al. (2008) em estudo sobre as respostas fisiológicas de diferentes clones de Eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. Entretanto, ao estudar os aspectos ecofisiológicos em mudas de jatobá sob supressão de N, P e K, Nascimento et al. (2014) observaram redução do fluxo transpiratório das plântulas analisadas.

Tal aumento pode ser justificado pela turgescência das células-guardas, as quais dependentemente da participação do K controlam a perda de água pelas plantas (SHIMAZAKI et al., 2007). O processo de abertura e fechamento dos estômatos está relacionado principalmente com a intensidade de luz e o estado de hidratação da folha (MARENCO et al., 2007).

O índice de clorofila total (ICT) tanto aos 70 como aos 126 DAR apresentou influência significativa das omissões de N e total dos nutrientes. Entretanto, independentemente da solução nutritiva utilizada, os maiores valores do ICT foram obtidos no primeiro período de avaliação das mudas (Tabela 5).

Tabela 5: Índice de Clorofila total em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas a solução nutritiva (SN) completa e as SNs com omissões de N, P, K, Ca, Mg, total de nutrientes, aos 70 e 126 dias após repicagem.

Solução nutritiva (SN)	Índice de clorofila total (ICF)	
	70 DAR	126 DAR
Completa	40,71 bA	30,59 bB
(-N)	27,11 dA	21,44 cB
(-P)	41,98 bA	36,09 aB
(-K)	46,86 aA	38,41 aB
(-Ca)	44,52 aA	38,53 aB
(-Mg)	46,41 aA	29,91 bB
Omissão total	34,22 cA	22,68 cB

As médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Scott-Knott.

Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados em estudo sobre crescimento inicial do paricá sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva (MARQUES et al., 2004), diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca (BARROSO et al., 2005), crescimento inicial de moringa sob omissão de nutrientes (VIEIRA et al., 2008) e em estudo sobre sintomas de deficiência nutricional em

plantas de jatobá (MATHEUS et al., 2011).

Embora tenham sido baixos os valores obtidos neste trabalho para omissão de N, nota-se que o segundo estágio fenológico de avaliação, apresentou-se inferior ao primeiro. O que pode ser justificado pelas reservas contidas nos cotilédones, considerada suficiente para atender a demanda da plântula nesta fase inicial de desenvolvimento, sendo que aos 126 DAR, provavelmente tenham ocorrido reduções, de modo a expressar respostas em virtude da omissão de nitrogênio. Considerando que a semente de jatobá tem entre 4 e 5 g e que sua concentração inicial de nitrogênio está avaliada em cerca de 9% de proteína, conclui-se que há uma boa disponibilidade de N para o crescimento inicial da plântula (MARTINS, 2007).

Os maiores valores para clorofila total observados aos 70 DAR, são justificados pelo ciclo de vida das folhas, visto que a capacidade de produção de fotossintatos das folhas é proporcional a sua maturidade. Quando as folhas atingem seu crescimento final, suas taxas fotossintéticas tendem a decrescer, segmentos de folhas tornam-se amarelados como resultado da degradação da clorofila, ocasionando a senescência foliar (TAIZ et al., 2013). Todavia, Vieira et al. (2008) alega que quando ocorre deficiência de nitrogênio, a planta passa por uma rápida modificação em seu perfil hormonal, ocasionando a indução precoce da senescência foliar, sendo o N o elemento fundamental no processo de síntese proteica, torna-se mais intensa sua falta quando comparada aos demais elementos.

CONCLUSÕES

A fotossíntese líquida, condutância estomática, concentração interna de carbono, eficiência instantânea e intrínseca de uso da água não são afetadas pela indução à deficiência nutricional durante o processo de formação das mudas de jatobá. Contudo as omissões dos nutrientes causam aumento do fluxo respiratório e redução do índice de clorofila total, o nitrogênio é o elemento que mais limita o teor de clorofila.

A fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração, concentração interna de carbono, eficiência instantânea e intrínseca de uso de água são influenciadas pelo tempo de avaliação. E para o índice de clorofila total das mudas de jatobá a indução a deficiência nutricional é dependente do tempo.

REFERÊNCIAS

APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.181, p.1-20. 2016. DOI: <http://doi.org/10.1111/boj.12385>

BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. A.; PEREIRA, R. C.; MENDONÇA, A. V. R.; SILVA, L. C.. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p.671-679, 2005. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-67622005000500002>

CARVALHO FILHO, J. L. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F.; RANGEL, M. S. A.. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. **Revista Cerne**, Lavras, v.9, n.1, p.109-118, 2003.

COUTO, M. F.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P.. Classification of the coefficients of variation for sugarcane crops. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.6, p.957-961, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0103-84782013000600003>

FILHO, B. G. S.; PANTOJA, M, J, R.; BATISTA, T. F. C.; TAVARES, E. B.; RIBEIRO, R. C.; PINHEIRO, H. A.. Comportamento nutricional de espécies arbóreas utilizadas no reflorestamento de áreas degradadas sob impacto da exploração Petrolífera na Região de Urucu, Município de Coari, AM. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, n.2, p.1134-1136, 2007.

GOMES, F. P.. **Curso de estatística experimental**. 13 ed. Piracicaba: Nobel, 1990.

LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I. R.; MELO, W. J.. Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na floresta amazônica. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.139-146, 2011. DOI:

<http://doi.org/10.1590/S0006-87052011000100020>

LORENZI, H.. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 7 ed. São Paulo: Instituto Plantarum de estudos da Flora, 2016.

MARENCO, R. A.; COSTA, G. F.. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazônica**, Manaus, v.37, n.2, p.229-234, 2007. DOI:

<http://doi.org/10.1590/S0044-59672007000200008>

MARQUES, T. C. L. S. M.; CARVALHO, J. G.; LACERDA, M. P. C.; MOTA, P. E. F.. Crescimento inicial do Paricá sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. **Revista Cerne**, Lavras, v.10, n.2, p.184-195, 2004.

MARTINS, M. C. M.. **Ecofisiologia do uso de reservas de carbono e nitrogênio ao longo do ciclo de vida de *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* (Heyne) Lee & Lang. (Leguminosae, Caesalpinioideae)**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2007.

MATHEUS, M. T.; AMARAL, J. A. T.; SILVA, D. G.; GARCIA, D. M. N.; PIZZOL, E. C. S.; SOUZA, F. C.; SANTI, G. C.; GUARIZ, H. R.; LIMA, K. A.; HOFFMANN, R. G.. Sintomas de deficiência nutricional em Jatobá. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v.17, n.1, p.89-97, 2011.

NASCIMENTO, H. H. C.; PACHECO, C. M.; LIMA, D. R. M.; SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.. Aspectos ecofisiológicos de mudas de *Hymenaea courbaril* L. em resposta a supressão de N, P e K. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.42, n.103, p.315-328, 2014.

OLIVEIRA, C. R. M.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; SOARES, A. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; MACEDO, R. L. G.. Trocas gasosas de Cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e Seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivo na Região de Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.197-206, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200006>

OLIVEIRA, A. S.; FERREIRA, R. A.; JESUS, J. B.; GAMA, D. C.; ALMEIDA, E. S.. Semeadura direta e plantio de mudas para recuperação de nascentes no rio Piauitinga, município de Salgado, Sergipe, Brasil. **Revista Thema**, v.21, n.1, p.289-302, 2022.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15536/thema.V21.2022.289-302.2473>

OTTO, M. S. G.; VERGANI, A. R.; GONÇALVES, A. N.; VRECHI, A.; SILVA, S. R.; STAPE, J. L.. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, v.37, n.3, p.431-439, 2013. DOI:

<http://doi.org/10.1590/S0100-67622013000300006>

SEDAM. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. Coordenadoria de Geociências. **Boletim Climatológico de Rondônia - Ano 2010**. v.12. Porto Velho: COGEO, 2010.

SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T.. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**. Gainesville, v.58, n.1, p.219-247, 2007.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; FILHO, C. F. L.; FILHO, J. V. P.; FREITAS, C. A. S.. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.44, n.1, p.86-93, 2013.

DOI: <http://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100011>

SILVA, E. B.; GONÇALVES N. P.; PINHO, P. J.. Limitações nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distrófico no Norte de Minas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.1, p.55-59, 2005.

DOI: <http://doi.org/10.4025/actasciagron.v27i1.1923>

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; MACEDO, L. R. G.. Adubação mineral do ipê-roxo. **Ciência Florestal**, Viçosa, v.16, n.3, p.:261-270, 2006. DOI:

<http://doi.org/10.5902/198050981907>

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

TOLEDO, R. M.. **Modelagem espacial do fluxo de sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril*) através de marcadores moleculares na paisagem fragmentada do Pontal do Parapanema, SP**. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C.. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.4, p.651-663, 2008.

DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-67622008000400006>

VIEIRA, H.; CHAVES, L. H. G.; VIÉGAS, R. A.. Crescimento inicial de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) sob omissão de nutrientes. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.4, p.51-56, 2008.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.