

Trocas gasosas e qualidade de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (vell.) Morong sob doses de hidrogel em diferentes regimes hídricos

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de doses de hidrogel no desenvolvimento de *Enterolobium contortisiliquum* sob diferentes regimes hídricos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do Viveiro Florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Patos-PB. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 3, sendo 02 (dois) regimes hídricos (80% e 40% da capacidade de campo do substrato) e 3 (três) doses de hidrogel (0, 1,5g e 3,0g), totalizando 6 (seis) tratamentos em 4 repetições e uma planta por parcela. O crescimento das plantas foi avaliado a cada 15 dias quanto ao número de folhas (unidade planta⁻¹), diâmetro do colo (mm) e altura da planta (cm). Ao final do experimento foi avaliado o crescimento do sistema radicular, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, teor relativo de água (TRA) e trocas gasosas. Os dados iniciais e finais de crescimento foram obtidos e submetidos à análise de variância para detectar possíveis efeitos dos tratamentos sobre as variáveis analisadas utilizando-se o programa SISVAR. O regime hídrico de 40% não alcançou o nível de déficit suficiente para proporcionar estresse hídrico as mudas de tamboril. A incorporação do hidrogel no substrato em diferentes regimes hídricos não influencia no crescimento, desenvolvimento e qualidade das mudas de tamboril. O tamboril é uma espécie de rápido desenvolvimento mesmo sob condições limitadas de água.

Palavras-chave: Recuperação De Áreas Degradadas; Tamboril; Déficit Hídrico; Semiárido.

Gas exchange and quality of *Enterolobium contortisiliquum* (vell.) Morong seedlings under hydrogel doses in different hydric regimes

The present work aimed to evaluate the effect of doses of hydrogel on the development of *Enterolobium contortisiliquum* under different hydric regimes. The experiment was conducted in a greenhouse in the experimental area of the Forest Nursery of the Forest Engineering Academic Unit of the Federal University of Campina Grande, in the city of Patos-PB. The experiment was conducted in a randomized block design, in a 2 x 3 factorial scheme, with two (2) hydric regimes (80% and 40% of the substrate field capacity) and three (3) doses of hydrogel (0, 1.5g and 3.0g), totaling six (6) treatments in four repetitions and one plant per plot. The growth of the plants was evaluated every 15 days regarding the number of leaves (plant unit⁻¹), neck diameter (mm) and plant height (cm). At the end of the experiment, root system growth, aboveground dry mass, root system dry mass, relative water content (TRA), and gas exchange were evaluated. The initial and final growth data were obtained and submitted to analysis of variance to detect possible effects of treatments on the analyzed variables using the SISVAR program. The water regime of 40% did not reach a deficit level sufficient to provide water stress to the monkfish seedlings. The incorporation of hydrogel into the substrate at different water regimes did not influence the growth, development and quality of monkfish seedlings. Monkfish is a fast growing species even under limited water conditions.

Keywords: Recovery of Degraded Areas; Tamboril; Water Déficit; Semi-Arid.

Topic: Ciências Florestais

Received: 04/11/2021

Approved: 25/11/2021

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Alexandre da Silva Cadête
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9236713792736533>
alexandrecadete0@gmail.com

Luciana Freitas de Medeiros Mendonça 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9658174206328856>
<https://orcid.org/0000-0002-5901-8198>
lucisfreitas@hotmail.com

Isabella Rocha Ribeiro 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0794800371879531>
<https://orcid.org/0000-0002-1666-6785>
isabellairr2@gmail.com

Izabel dos Santos Dias
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5757532143045830>
beldias333@gmail.com

Viviane Farias Silva 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5011520274887172>
<https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>
flordeformosur@hotmail.com

Maria do Carmo Learth Cunha
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8486182792346558>
c.learth@uol.com.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0003

Referencing this:

CADETE, A. S.; MENDONÇA, L. F. M.; RIBEIRO, I. R.; DIAS, I. S.; SILVA, V. F.; CUNHA, M. C. L.. Trocas gasosas e qualidade de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (vell.) Morong sob doses de hidrogel em diferentes regimes hídricos. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.11, p.20-30, 2021. DOI:
<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0003>

INTRODUÇÃO

Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong popularmente conhecida como tamboril é uma espécie pertencente à família Fabaceae. Trata-se de uma árvore de origem brasileira que tem ocorrência de norte a sul do país, entre os estados do Pará, Maranhão e Piauí até a região sul nos estados do Mato grosso do Sul e o Rio Grande do Sul (ARAÚJO et al., 2011). Esta espécie apresenta adaptabilidade a diferentes tipos de solo (LIMA et al., 2010).

Além de sua madeira ser apta para fabricação de barcos e canoas de tronco inteiro, para produção de brinquedos, compensados, armações de móveis, e caixotaria em geral, pois é de fácil manejo e acabamento (LORENZI, 2002), a *E. contortisiliquum* é uma das espécies mais recomendadas para realizar a recuperação de áreas de mata ciliares (AVILA et al., 2011), isso porque apresenta ótimo potencial em plantios mistos, devido ao seu rápido crescimento inicial (ARAÚJO et al., 2011).

A região semiárida do Brasil caracteriza-se pela distribuição irregular das chuvas e temperaturas elevadas, tendo como principal componente vegetal a Caatinga. A baixa disponibilidade de água às plantas, gerando estresse hídrico moderado ou severo, provoca mudanças na morfologia e fisiologia do vegetal, interferindo em vários processos metabólicos (LARCHER, 2006; PINHEIRO et al., 2011).

Em resposta a deficiência hídrica imposta pelas chuvas irregulares na região semiárida a utilização de hidrogel na produção de mudas de espécies florestais se mostra alternativa viável para se obter maior sucesso na produção de mudas. Por se tratar de um produto hidrofílico, o hidrogel absorve e disponibiliza grandes quantidades de água, atuando como uma reserva para as plantas nos períodos de estiagem (NASSER et al., 2007). Além disso, possibilita menores perdas de nutrientes por lixiviação, estimulando o desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea das plantas, reduzindo custos na etapa de produção de mudas.

Atualmente existem muitas pesquisas relacionadas a eficiência do hidrogel nas espécies florestais, dentre as mais estudadas destaca-se o eucalipto como a maior fonte de pesquisas, conforme discutido por Azevedo (2014). Mais recentemente foram realizados estudos com espécies nativas do Cerrado (MONTEIRO et al., 2015; FONSECA et al., 2017). No entanto, estudos em espécies florestais da Caatinga ainda são incipientes. Com base no exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de doses de hidrogel nas trocas gasosas e na qualidade de mudas de *E. contortisiliquum* sob diferentes regimes hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do Viveiro Florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal (UAEF) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no município de Patos-PB. A casa de vegetação do Viveiro Florestal do Campus de Patos está localizada nas coordenadas geográficas de 7° 03'35,80" S e 37°16' 29,17" W.

A pesquisa foi iniciada em 14 de julho de 2021 e conduzida até 30 de setembro de 2021. As sementes de tamboril utilizadas foram doadas pelo Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Campina

Grande – Campus Patos. No laboratório, as sementes foram separadas aleatoriamente, utilizando o separador de sementes rotativo. Para superar a dormência das sementes, utilizou o método de escarificação manual com auxílio de uma lixa 80, esse procedimento foi realizado em cada uma das sementes até que fosse visível o desgaste do tegumento.

As sementes foram semeadas em sacos plásticos de 3 kg contendo os substratos solo e esterco bovino, na proporção 2:1, quando foi retirada uma amostra para análise, enviada para o Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental – FULLIN para determinação dos atributos químicos do solo (Tabela 01).

Tabela 01: Análise química do substrato (30% esterco bovino + 70% solo) usados na produção de mudas de angico em casa de vegetação com uso de hidrogel em diferentes regimes hídricos. Patos, PB, 2021.

pH	M.O.	P meh	K	S	Ca	Mg	Al	H + Al	
7,1	2,8	140	410	30	6,2	2,6	0,0	0,9	
água		dag/kg			mg.dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³	

Fe	Zn	Cu	Mn	B	Na	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
97	9,3	0,8	136	0,86	50,0	2,4	5,9	2,5
mg.dm ⁻³								

SB	T	T	V	M	Na	Sat. Mg (T)	Sat. Ca (T)	Sat. K(T)
10,1	10,1	11	91,8	0	2,0	24,2	57,7	9,8
cmol _c dm ⁻³			%					

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 3, sendo 02 (dois) regimes hídricos (80% e 40% da capacidade de campo do substrato) e 3 (três) doses de hidrogel (0, 1,5g e 3,0g), totalizando 6 (seis) tratamentos em 4 repetições e uma planta por parcela. O hidrogel usado foi da Biogel Aqua Plus da Biossementes®.

Nos tratamentos contendo o hidrogel, houve a adição do produto seco aplicado em cada saco plástico misturado homogeneamente em todo substrato. No início dos tratamentos, a quantidade de água nos sacos plásticos foi uniformizada, para determinar a capacidade de campo do solo. As plantas foram irrigadas uma vez por dia, procurando-se manter a umidade do substrato próximo a 100% da capacidade de retenção do recipiente, a qual foi determinada submergindo-se um saco plásticos contendo apenas o solo, em um balde com água, até que ocorre se o encharcamento do substrato. Em seguida, ele foi retirado, submetido à completa lixiviação e, logo após, pesado. Esse valor correspondeu ao peso dos mesmos com 100% da cv e, baseado nele, foi determinado os outros níveis de água que foram avaliados 80% e 40%, semelhante ao método de drenagem proposto por Ramos (2017).

Os sacos plásticos com dimensões de 15 x 26 x 0,18 cm foram acondicionados em casa de vegetação contendo sombrite 50%, com espaçamentos entre os sacos de 0,70 x 0,60 cm. O crescimento das plantas foi avaliado a cada 15 dias quanto ao número de folhas (unidade planta⁻¹), diâmetro do colo (mm) e altura da planta (cm).

Ao final do experimento foi avaliado o número de folhas (unidade/planta), diâmetro do colo (mm), altura de planta (cm), crescimento do sistema radicular, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema

radicular, teor relativo de água (TRA) e trocas gasosas.

A avaliação do diâmetro de caule (DC) foi realizada com auxílio de paquímetro digital (mm), logo abaixo da inserção da folha cotiledonar. A avaliação da altura de plantas (AP) foi realizada com régua graduada em centímetros a partir do colo até o meristema apical. O número de folhas (NF) foi determinado por contagem de folhas verdadeiras (unidade.planta⁻¹).

Ao final do experimento, as plantas foram seccionadas na região do colo, separando em parte aérea e raiz. Estas partes foram lavadas em água corrente e em água destilada. Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel para secar em estufa de ar forçado a 65°C por 72h. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança de precisão determinando a massa seca da parte aérea massa seca de raiz (MSR) e massa seca total, com valores determinados em gramas (g).

As trocas gasosas foram realizadas com auxílio do InfraRed Gas Analyser (IRGA) analisador portátil de fotossíntese modelo LCpro-SD (ADCBioScientific Ltd.), em folhas completamente expandidas ineridas no terceiro nó a partir do ápice das plantas, entre 9:00 e 10:00 horas da manhã. A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) do equipamento foi ajustada para 1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Foram feitas medições de temperatura foliar, taxa de transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), taxa de fotossíntese (*A*) e a concentração interna de CO₂ (*C_i*). A eficiência do uso da água (EUA; *A/E*) e o uso intrínseco da água eficiência (UIA; *A/g_s*) também foram calculados, conforme Silva (2018).

Após as avaliações as amostras foliares foram coletadas para determinações do teor relativo de água (TRA), quando foram retirados fragmentos foliares e submetidos à pesagem para obtenção do peso fresco (PF), os quais foram posteriormente foram colocados em recipientes plásticos, e mantidos em geladeira por 72 horas (temperatura ± 5 °C). Decorrido esse período, foi realizada a pesagem dos fragmentos para obtenção do peso túrgido (PT). Em seguida, eles foram colocados para secar em estufa a 65°C por 72 horas, e novamente pesados para obtenção do peso seco (PS). O TRA foi calculado através fórmula $TRA = [(PF - PS) / (PT - PS)] \times 100$, proposta por Weatherley (1950).

Diariamente no mesmo horário da rega realizava-se a coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar com auxílio de um medidor instalado dentro da casa de vegetação, esse aparelho registrava os dados dentro e fora da casa de vegetação.

Os dados iniciais de crescimento foram obtidos e submetidos à análise de variância para detectar possíveis efeitos dos tratamentos sobre as variáveis analisadas utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados foram submetidos a análise de regressão e o regime hídrico comparados pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), quando houver significância.

Os dados finais de crescimento foram obtidos e submetidos à análise de variância para detectar possíveis efeitos dos tratamentos sobre as características analisadas utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Os tratamentos (regimes hídricos) comparados pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), quando houver significância.

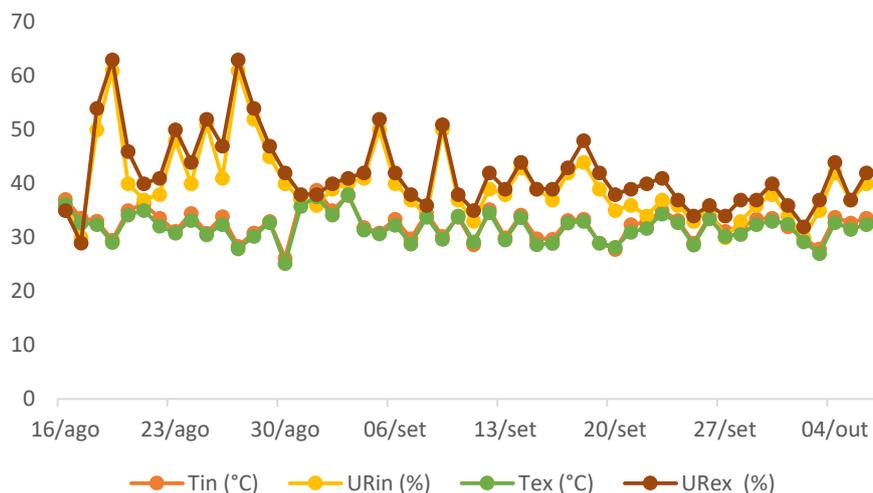


Figura 01: Temperatura interna (Tin), temperatura externa (Tex), umidade relativa interna (URin) e umidade relativa externa (URex) da casa de vegetação, durante o período do experimento. Patos, PB, 2021.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as três épocas de avaliação de mudas de tamboril em diferentes regimes hídricos, verificou-se que não houve diferença estatística significativa para interação entre os fatores (regimes hídricos e hidrogel) para nenhuma das características avaliadas para ambos os fatores, aos 30, 45 e 60 dias após a semeadura (DAS). Para o fator isolado regime hídrico, somente a altura de planta foi significativa ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) aos 30 DAS, aos 45 DAS somente a característica diâmetros do colo foi significativa ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) e, aos 60 DAS nenhuma das características apresentou significância. Para o fator isolado hidrogel, nenhuma característica apresentou significância para nenhuma época avaliada (Tabela 02).

Tabela 02: Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), número de folhas (NF) e diâmetro de caule (DC), de mudas de tamboril produzidas sob doses de hidrogel em diferentes regimes hídricos, em 3 épocas de avaliação. Patos, PB, 2021.

		30 dias		
Fonte de Variação	GL	NF	AP	DC
Regimes Hídricos (RH)	1	1,806 ^{ns}	4,726*	0,200 ^{ns}
Hidrogel (H)	2	1,143 ^{ns}	0,150 ^{ns}	1,686 ^{ns}
RH*H	2	0,700 ^{ns}	0,189 ^{ns}	1,125 ^{ns}
Blocos	3	1,413 ^{ns}	0,129 ^{ns}	0,761 ^{ns}
Resíduo	15			
CV (%)		17,13	22,55	12,09
		45 dias		
Fonte de Variação	GL	NF	AP	DC
Regimes Hídricos (RH)	1	0,764 ^{ns}	1,135 ^{ns}	4,605*
Hidrogel (H)	2	3,330 ^{ns}	1,326 ^{ns}	0,862 ^{ns}
RH*H	2	0,947 ^{ns}	0,143 ^{ns}	1,357 ^{ns}
Blocos	3	0,927 ^{ns}	0,650 ^{ns}	0,174 ^{ns}
Resíduo	15			
CV (%)		14,52	18,49	17,17
		60 dias		
Fonte de Variação	GL	NF	AP	DC
Regimes Hídricos (RH)	1	0,022 ^{ns}	0,919 ^{ns}	4,537 ^{ns}
Hidrogel (H)	2	0,944 ^{ns}	0,165 ^{ns}	0,482 ^{ns}
RH*H	2	0,022 ^{ns}	0,543 ^{ns}	2,777 ^{ns}
Blocos	3	2,599 ^{ns}	1,069 ^{ns}	0,036 ^{ns}
Resíduo	15			
CV (%)		15,82	18,67	16,55

**significativo a 1% ($p < 0,01$); * significativo a 5% ($p < 0,05$); ^{ns}não significativo ($p > 0,05$).

Na Tabela 03 estão apresentados os valores médios para número de folhas, altura de plantas e diâmetro do colo aos 30, 45 e 60 dias após a semeadura. Para número de folhas, não houve diferença estatística significativa durante as 3 épocas de avaliação. Souza et al (2013) estudando doses de hidrogel em substrato para produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) SPEG, verificaram que para número de folhas, não foi verificado efeito significativo nas diferentes dosagens do polímero incorporado ao substrato, indicando que a sua utilização não afetou o desenvolvimento da parte aérea.

Tabela 03: Valores médios para número de folhas, altura de plantas e diâmetro do colo de mudas de tamboril produzidas sob doses de hidrogel em diferentes regimes hídricos, em 3 épocas de avaliação. Patos, PB, 2021.

Número de Folhas (unidade planta ⁻¹)						
	30DAS		45DAS		60DAS	
	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC
SH	5,8aA	7aA	7bA	7,5aA	8,3aA	8,5aA
1,5g	5,8aA	5,8aA	8,5aA	7,8aA	8,5aA	8,5aA
3g	6,3aA	6,8aA	9,3aA	8,3aA	9,3aA	9,3aA
Altura de Plantas (cm)						
	30DAS		45DAS		60DAS	
	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC
Hidrogel	19,6aB	24,2aA	22,8aA	25,12aA	28aA	33aA
SH	17,8aB	22,3aA	26,3aA	29,5aA	29,8aA	32,3aA
1,5g	17,8aB	22,3aA	26,3aA	29,5aA	29,8aA	32,3aA
3g	19,9aA	22,6aA	25,6aA	26,3aA	29,9aA	29aA
Diâmetro do colo (mm)						
	30DAS		45DAS		60DAS	
	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC
SH	2,9aA	3,06aA	2,8aB	3,8aA	3,06aB	4,4aA
1,5g	2,7aA	3aA	2,8aA	3,03aA	3,04aA	3,5aA
3g	2,8aA	2,55aA	3,02aA	3,2aA	3,6aA	3,8aA

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem entre si na coluna; médias seguidas de letras iguais maiúsculas não diferem entre si na linha, pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$). *DAS: Dias Após a Semeadura; 40%CC: 40% de capacidade de campo; 80%CC: 80% de capacidade de campo; SH: Sem Hidrogel.

Para altura de plantas, verificou-se diferença estatística significativa entre os regimes hídricos aos 30 dias após a semeadura, quando o regime hídrico 80% de capacidade campo obteve valores médios superiores tanto sem adição de hidrogel em substrato, quanto na dose de 1,5g de hidrogel. De forma geral, para altura de plantas, os valores médios no regime hídrico 80%CC obteve valores médios superiores, mesmo não havendo diferença significativa entre as médias nas doses estudadas durante as 03 épocas de avaliação. Para diâmetro do colo, verificou-se diferença estatística significativa entre os regimes hídricos aos 60 dias após a semeadura, quando o regime de 80%CC obteve médias superiores que o regime hídrico 40%, sem o uso do hidrogel em substrato.

Felippe et al. (2019) estudando crescimento de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden submetidas a regimes de irrigação e aplicação de hidrogel, afirmam que plantas submetidas à deficiência hídrica, ou seja, quando a irrigação ocorreu apenas no plantio e a cada 8 dias, apresentaram os menores valores para altura de plantas. Afirmam ainda que a presença do hidrogel possibilitou um ganho considerável de altura em relação à sua ausência quando a irrigação foi realizada somente no plantio, demonstrando que as mudas na condição de estresse hídrico extremo se desenvolveram melhor na presença do polímero, o que não se confirmou nesse trabalho, uma vez que não houve distinção no tamanho das mudas conforme se aumentou as doses de hidrogel.

Aos 75 dias após a semeadura, foi verificada significância ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) na interação entre os fatores regimes hídricos e hidrogel para as características fitomassa da parte aérea,

fitomassa do sistema radicular, fitomassa total e, significância ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) para a relação entre fitomassa da parte aérea e fitomassa do sistema radicular (Tabela 04).

Tabela 04: Resumo da análise de variância para altura de planta (AP) em cm, número de folhas (NF) em unidade e diâmetro de caule (DC) em mm, comprimento do sistema radicular (CSR) em cm, fitomassa da parte aérea (FPA) em g, fitomassa do sistema radicular (FSR) em g, fitomassa total (FT) em g, relação entre altura de plantas e diâmetro do colo (AP/DC), relação entre fitomassa da parte aérea e fitomassa do sistema radicular (FPA/FSR), teor relativo de água (TRA) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), de mudas de tamboril produzidas sob doses de hidrogel em diferentes regimes hídricos. Patos, PB, 2021.

Fonte de Variação	GL	NF	AP	DC	CSR	FPA
Regimes Hídricos (RH)	1	1,806 ^{ns}	4,726*	0,200 ^{ns}	0,944 ^{ns}	0,354 ^{ns}
Hidrogel (H)	2	1,143 ^{ns}	0,150 ^{ns}	1,686 ^{ns}	0,606 ^{ns}	7,822*
RH*H	2	0,700 ^{ns}	0,189 ^{ns}	1,125 ^{ns}	0,129 ^{ns}	6,517*
Blocos	3	1,413 ^{ns}	0,129 ^{ns}	0,761 ^{ns}	1,204 ^{ns}	0,557 ^{ns}
Resíduo	15					
CV (%)		17,13	22,55	12,09	19,34	7,85
Fonte de Variação	GL	FSR	FT	FPA/FSR	TRA	IQD
Regimes Hídricos (RH)	1	8,519*	1,457 ^{ns}	12,938**	3,553 ^{ns}	4,481 ^{ns}
Hidrogel (H)	2	0,686 ^{ns}	3,911*	1,578 ^{ns}	0,367 ^{ns}	0,642 ^{ns}
RH*H	2	4,940*	3,778*	8,765**	0,462 ^{ns}	2,339 ^{ns}
Blocos	3	0,743 ^{ns}	0,160 ^{ns}	0,893 ^{ns}	2,395 ^{ns}	1,745 ^{ns}
Resíduo	15					
CV (%)		16,7	8,890	14,71	5,51	15,58

**significativo a 1% ($p < 0,01$); * significativo a 5% ($p < 0,05$); ^{ns}não significativo ($p > 0,05$).

Na Tabela 05 estão os valores médios para número de folhas, altura de plantas, diâmetro do colo, comprimento do sistema radicular, fitomassa da parte aérea, fitomassa do sistema radicular, fitomassa total, relação entre fitomassa da parte aérea e fitomassa do sistema radicular, índice de qualidade de Dickson e teor relativo de água.

Tabela 05: Valores médios para número de folhas, altura de plantas e diâmetro do colo de mudas de tamboril produzidas sob doses de hidrogel em diferentes regimes hídricos, em 3 épocas de avaliação. Patos, PB, 2021.

	NF		AP		DC		TRA	
	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC
SH	10aA	10aA	35,3aA	SH	75,6aA	81,3aA	75,6aA	81,3aA
1,5g	9,5aA	11aA	34,1aA	1,5g	78,1aA	80,8aA	78,1aA	80,8aA
3g	10,5aA	11aA	37,2aA	3g	79,5aA	81,2aA	79,5aA	81,2aA
	CSR		FPA		FSR		FT	
Hidrogel	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC
SH	20,3aA	19,6aA	2,3bA	2,5aA	0,86bB	1,25aA	3,1bB	3,8aA
1,5g	22,4aA	21aA	2,7aA	2,2bB	0,8bB	1,13aA	3,5aB	3,3aA
3g	23,4aA	20,6aA	2,7aA	2,8aA	1,1aA	2,0aA	3,9aA	3,8aA
	FPA/FSR		IQD					
	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC				
SH	2,7aA	2,1bB	0,26bA	0,36aA				
1,5g	3,3aA	2bB	0,29aA	0,3aA				
3g	2,5aB	2,8aA	0,31aA	0,33aA				

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem entre si na coluna; médias seguidas de letras iguais maiúsculas não diferem entre si na linha, pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$). *DAS: Dias Após a Semeadura; 40%CC: 40% de capacidade de campo; 80%CC: 80% de capacidade de campo; SH: Sem Hidrogel.

Para número de folhas, altura de plantas, diâmetro do colo, comprimento do sistema radicular, teor relativo de água e índice de qualidade de Dickson não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos (Tabela 05). Azevedo (2018) estudando características morfológicas de espécies florestais no Distrito Federal, também verificou que as doses de hidrogel não exerceram efeito para as características diâmetro do colo, número de folhas, massa seca de parte aérea e IQD em mudas de tamboril.

Para fitomassa da parte aérea o regime hídrico de 40% na dose de 1,5g de hidrogel diferiu

estatisticamente do regime hídrico de 80%, quando apresentou valor médio superior (2,7g de fitomassa de parte aérea). Além disso, no regime hídrico 80% a dose 1,5g apresentou menor valor médio quando comparados com as demais doses estudadas. Provavelmente, a dose de 1,5g de hidrogel pode diminuir o estresse hídrico em mudas de tamboril.

Já para fitomassa do sistema radicular o regime hídrico de 80%CC apresentou valores médios superiores ao regime hídrico 40%CC, tanto sem hidrogel em substrato, quando na dose 1,5g de hidrogel. Dentro do regime hídrico 40%, a ausência de hidrogel e a dose de 1,5g também apresentaram valores médios inferiores a dose 3g de hidrogel em substrato. Comportamento semelhante apresentou a fitomassa total (Tabela 05). Felipe et al. (2019) avaliando crescimento e desenvolvimentos de eucalipto, verificaram que para massa seca radicular, caulinar e foliar, e área foliar, a adição de hidrogel elevou em aproximadamente 25 % as médias, demonstrando o efeito positivo do polímero no crescimento das plantas e acúmulo de massa seca. Isso provavelmente aconteceu pela maior disponibilidade hídrica, inclusive, pela ação do hidrogel em situação de déficit.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é um critério científico de seleção amplamente utilizado e caracterizado como um indicador de qualidade de mudas, pois proporciona uma combinação entre o índice de robustez e o equilíbrio da distribuição de fitomassa das mudas (ROS et al., 2018). Portanto, quanto maior o IQD, melhor é a qualidade da muda produzida (CALDEIRA et al., 2012). Neste sentido, os dados encontrados nesse trabalho foram inferiores aos observados por Azevedo (2018).

Tabela 06: Resumo da análise de variância para temperatura foliar (Tleaf), fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) concentração interna de carbono (Ci), eficiência de uso da água (EUA) e eficiência de uso intrínseco da água (UIA), de mudas de tamboril produzidas sob doses de hidrogel em diferentes regimes hídricos. Patos, PB, 2021.

Fonte de Variação	GL	Tleaf (°C)	A (mmol m ⁻² s ⁻¹)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)	E (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Ci
Regimes Hídricos (RH)	1	316,2**	31,672**	13,949**	27,052**	5,1198*
Hidrogel (H)	2	108,72**	7,355**	4,532*	7,614**	0,695ns
RH*H	2	4,593*	11,076**	1,148 ^{ns}	0,337 ^{ns}	5,668*
Blocos	3	7,439*	2,460 ^{ns}	1,697 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,387 ^{ns}
Resíduo	15					
CV (%)		0,68	23,98	39,53	21,39	14,25
Fonte de Variação	GL	EUA	UIA			
Regimes Hídricos (RH)	1	2,130 ^{ns}	0,115 ^{ns}			
Hidrogel (H)	2	2,732 ^{ns}	0,679 ^{ns}			
RH*H	2	4,177*	1,094 ^{ns}			
Blocos	3	0,212 ^{ns}	0,322 ^{ns}			
Resíduo	15					
CV (%)		15,88	27,6			

**significativo a 1% (p<0,01); * significativo a 5% (p<0,05); ^{ns}não significativo (p>0,05).

Com relação as trocas gasosas, houve interação significativa entre os fatores estudados para fotossíntese (A) ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01) e para temperatura foliar (Tleaf), concentração interna de carbono (Ci) e eficiência do uso de água (EUA) ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). Para o fator isolado regime hídrico, as características Tleaf, A, gs e E foram significativas ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01) e a Ci, significativa ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05); as características EUA e UIA não apresentaram significância para esse fator. Para o fator isolado hidrogel, as características Tleaf, A, e E foram significativas 1% de probabilidade (p<0,01), enquanto gs foi significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05), as características Ci, EUA e UIA não foram significativas para esse fator (Tabela 06).

Na tabela 07 estão apresentados os valores médios para as características de trocas gasosas. No regime hídrico 40%CC verificou-se maiores valores médios de temperatura quando comparado ao regime hídrico de 80%CC na ausência de hidrogel. Além disso, a dose 3g de hidrogel em substrato proporcionou maiores valores médios de temperatura foliar tanto no regime hídrico de 40%CC quanto em 80%CC.

Para A, o regime hídrico 40%CC apresentou maiores valores médios de fotossíntese e, dentro desse, a ausência de hidrogel se destacou com maiores valores. Já no regime hídrico de 80% a dose de 3g de hidrogel em substrato, os valores médios de fotossíntese foram superiores (Tabela 07). Larcher (2006) afirma que a capacidade fotossintética se altera sazonalmente em função das adaptações às condições ambientais.

Tabela 07: Valores médios para temperatura foliar (Tleaf), fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) concentração interna de carbono (Ci), eficiência de uso da água (EUA) e eficiência de uso intrínseco da água (UIA), de mudas de tamboril produzidas sob doses de hidrogel em diferentes regimes hídricos. Patos, PB, 2021.

	Tleaf		A (mmol m ⁻² s ⁻¹)		gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)		E (mmol m ⁻² s ⁻¹)	
	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC
SH	37,1cA	35bB	35,4aA	11,28bB	0,60aA	0,22aB	6,9aA	3,6bB
1,5g	38bA	36,7bA	20,8bA	10,33bB	0,36bA	0,20aA	6,4aA	4bB
3g	38,9aA	36,9aA	24,7bA	24,3Aa	0,61aA	0,42aA	8,5aA	6,2aB
	Ci		EUA		UIA			
Hidrogel	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC	40%CC	80%CC		
SH	167,5bB	246,5aA	2,4aA	1,8aB	9,1aA	7,2aA		
1,5g	209,8aA	240,5aA	1,8bA	1,6Aa	7,7aA	7,6aA		
3g	227,8aA	203,3aA	1,7bA	1,9Aa	6,4aA	7,6aA		

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem entre si na coluna; médias seguidas de letras iguais maiúsculas não diferem entre si na linha, pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$). *DAS: Dias Após a Semeadura; 40%CC: 40% de capacidade de campo; 80%CC: 80% de capacidade de campo; SH: Sem Hidrogel.

Assim como a A, a gs, no regime hídrico 40%CC também apresentou maiores valores na ausência de hidrogel, inclusive diferindo no remi hídrico de 80% (Tabela 07). A redução da disponibilidade hídrica causa efeitos diretos na capacidade fotossintética das plantas, afetando as reações bioquímicas e o funcionamento do aparato fotossintético, e indiretamente pelo fechamento estomático (CUNHA et al., 2013). No entanto, Campelo et al. (2014) estudando trocas gasosas em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo em Acaraú no Ceará, verificaram que plantas de Gonçalo-alves, ipê-rosa e marupá sofreram menor impacto da deficiência de água no solo sobre a abertura estomática, sugerindo a possibilidade dessas espécies apresentarem outros mecanismos de convivência com a seca, o que pode acontecer com o tamboril, uma vez que a A e gs foram superiores no déficit hídrico, independente do uso do hidrogel em substrato.

Comportamento semelhante a A e gs foi verificado para E, no regime hídrico de 40%CC apresentou maiores valores médios, independente da dose de hidrogel estudada, quando comparado a 80%CC. Neste ultimo regime, a dose 3g de hidrogel apresentou valores médios superiores (Tabela 07). Esse resultado pode ser explicado, em grande parte, pelo comportamento estomático, uma vez que, as plantas mantêm a transpiração conforme o estômato se mantém abertos. Além disso, Azevedo (2018) estudando a fisiologia de espécies florestais no Distrito Federal, verificou que o uso do hidrogel não influenciou as trocas gasosas das mudas de tamboril e ipê roxo, após o período de suspensão da irrigação.

Provavelmente 40%CC não alcançou nível de déficit suficiente para as mudas de tamboril alcançarem estresse hídrico. Ou ainda, que esta espécie tenha mecanismos alternativos para lidar em situações de

estresses ainda não esclarecidos.

Para Ci o regime hídrico 40% na ausência de hidrogel apresentou menores valores médios, além disso, nesse mesmo regime hídrico, a dose de 3g de hidrogel proporcionou maiores valores, sendo maior que a média do regime hídrico 80%CC.

Para EUA o regime hídrico de 40%CC obteve valores médios superiores na ausência de hidrogel. De forma geral, os valores médios não foram muito discrepantes. Para eficiência de uso intrínseco da água não foi verificado diferença significativa estatística. Resultados semelhantes foram encontrados por Espoti (2013), quando estudava o comportamento do ipê amarelo do morro (*Handroanthus chrysotrichus* Mart.) submetidos a deficiência hídrica, quando constatou que a EUA foi superior no tratamento com menor disponibilidade hídrica em relação ao tratamento controlado.

CONCLUSÕES

O regime hídrico de 40% não alcançou o nível de déficit suficiente para proporcionar estresse hídrico as mudas de tamboril. A incorporação do hidrogel no substrato em diferentes regimes hídricos não influencia no crescimento, desenvolvimento e qualidade das mudas de tamboril. O tamboril é uma espécie de rápido desenvolvimento mesmo sob condições limitadas de água. Agradecimentos ao Programa de Educação Tutorial (PET Engenharia Florestal da UFCG) o qual o primeiro autor é bolsista e ao laboratório de Sementes da UFCG/CSTR pela concessão das sementes usadas no experimento.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. P.; SOBRINHO, S. P.. Severino de. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. *Revista Árvore*, v.35, p.581-588, 2011.

AVILA, A. L.; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J.; GASPARIN, E.. Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.21, n.2, p.251-260, 2011.

AZEVEDO, G. T. O. S.. **Produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. Com polímero hidroretentor incorporado ao substrato.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2014.

AZEVEDO, G. T. O. S.. 2018. **Qualidade de mudas de espécies florestais com hidrogel incorporado ao substrato.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELENA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; ALVES, A. F.. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. *Revista Floresta*, v.42, n.1, p.77-84, 2012.

CAMPELO, D. H... **Crescimento e trocas gasosas de seis espécies florestais sob dois regimes hídricos no perímetro irrigado Baixo Acaraú-CE.** Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

CUNHA, R. L. M.; FILHO, B. G. S.; COSTA, R. C. L.; VIÉGAS, I. J. M.. Physiological assessment in young Brazilian and African mahogany plants during the dry and rainy seasons in northeastern Para state, Brazil. *Revista Ciências Agrárias*, v.56, n.3, p.255-260, 2013.

ESPOTI, M. S. O. D.. **Estresse hídrico em duas espécies arbóreas de diferentes estágios sucessionais.** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campo dos Goytacazes, 2013.

FELIPPE, D.; NAVROSKI, M. C.; AGUIAR, N. S.; PEREIRA, M. O.; MORAES, C.; AMARAL, M.. Crescimento, sobrevivência e trocas gasosas de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden submetidas a regimes de irrigação e aplicação de hidrogel. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, v.17, n.40, p.11-20, 2019.

FERREIRA, D. F.. Sisvar: A computer statistics analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FONSECA, L.; ROITMAN, I.; JACOBSON, T. K. B.; OGATA, R. S.; SOLARI, R. A. F.; RIBEIRO, R. J. C.. Viabilidade do hidrogel na recuperação de Cerrado sensu stricto com espécies nativas. *Floresta e Ambiente*, v.24, 2017.

LARCHER, W.. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2006.

LIMA, A. L. S.; ZANELLA, F.; CASTRO, L. D. M.. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Amazônica**, Manaus, v.40, n.1, p.43-48, 2010.

LORENZI, H.. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

NASSER, R. O.. Correlação entre a capacidade de inchamento e as características estruturais de Polímeros Superabsorventes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 9. **Anais**. Campina Grande: Polímeros, 2007.

MONTEIRO, M. M.; SOUZA, D. M.; VENTUROLI, F.. Influência de polímero hidroabsorvente na recuperação ecológica de latossolo recoberto com braquiária no cerrado. **Revista de Biologia Neotropical**. v.12, n.1, p.20-25, 2015.

PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M.. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.3, p. 869-882, 2011.

RAMOS, F. R.. **Comportamento de plantas de faveleira**

(*Cnidocolus quercifolius* Pohl.) sob déficit hídrico no campo e em mudas adubadas com potássio. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2017.

ROS, C. O.; TORCHELSEN, M. DE M.; SOMAVILLA, L.; SILVA, R. F.; RODRIGUES, A. C.. Composto de águas residuárias de suinocultura na produção de mudas de espécies florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v.48, n.1, p.103-112, 2018.

SILVA, G. S.. **O alumínio interfere na movimentação estomática de limoeiro 'Cravo' em resposta à variação do déficit de pressão de vapor**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2018.

SOUSA, G. T. DE O.; AZEVEDO, G. B.; SOUSA, J. R. L.; MEWS, C. L.; SOUZA, A. M.. Incorporação de polímero hidroretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) SPEG. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p.1270-1278, 2013.

WEATHERLEY, P.E.. Studies in water relations of cotton plant. **New Phytology**, v.49, p.81-97, 1950.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. 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 sob coordenação da **Sustenere Publishing**, 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.