

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE GUANANDI SUBMETIDAS A DOIS NÍVEIS DE LENÇOL FREÁTICO E DOSES CRESCENTES DE FÓSFORO¹

RENATA DA SILVA CUBA DE CARVALHO²; MARA RÚBIA MENDES DE MELO³;
FRANCIELLY GUIEIRO GOMES DE SOUSA⁴; ANTONIO EVALDO KLAR⁵

¹Trabalho originado da tese de doutorado do primeiro autor intitulada: “Cultivo de pimentão em sistema hidropônico com água de reúso em diferentes níveis de disponibilidade de água no substrato”.

²Doutora, Programa de Pós-graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, 3780, CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu-SP, Brasil, renatacuba@hotmail.com.

³Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rua José Barbosa de Barros, 1780. CEP: 18.610-307, Botucatu-SP - Brasil. E-mail: mara_mendesmelo@hotmail.com.

⁴Doutora, Programa de Pós-graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, 3780, CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu-SP, fran.engagricola@gmail.com.

⁵Professor Emérito do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, 3780, CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu-SP, Brasil. E-mail: a.klar@unesp.br.

1 RESUMO

O guanandi é uma espécie nativa com potencial para reflorestamento, porém com poucos resultados na literatura sobre seu cultivo. Diante disto, objetivou-se avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de guanandi submetidas a dois níveis de disponibilidade de água no solo e doses crescentes de fósforo. O cultivo foi realizado de fevereiro a junho de 2016, utilizando-se dez lisímetros de lençol freático constante, simulando duas alturas do lençol freático, 0,40 m e 0,70 m. Em cada lisímetro, foram colocados seis vasos contendo uma muda por vaso. As doses de fósforo foram de 0, 40, 80, 120 e 160 mg dm⁻³ de solo. O delineamento experimental adotado foi em fatorial 2 x 5, com seis repetições, considerando cada vaso uma unidade amostral, totalizando 60. Os parâmetros avaliados foram: altura e diâmetro final, massa fresca da parte aérea, raízes e total, teor relativo, potencial de água na folha (Ψ_f) e consumo de água. Os resultados permitem inferir que, nas condições avaliadas, a dose de 160 mg dm⁻³ de fósforo associada ao fornecimento de 537,2 mm de água nos primeiros cinco meses de implantação da cultura, proporciona melhor desenvolvimento morfológico e fisiológico.

Palavras chaves: irrigação, lisímetro, adubação fosfatada.

CARVALHO, R. S. C.; MELO, M. R. M.; GOMES, F. G.; KLAR, A. E.
INITIAL DEVELOPMENT OF GUANANDI SEEDLINGS SUBJECTED TO TWO
LEVELS OF WATER TABLE AND INCREASING DOSES OF PHOSPHORUS

2 ABSTRACT

The guanandi is a native species with potential for reforestation, but with few results in the literature about its cultivation. Because of this, the objective was to evaluate the initial

development of guanandi seedlings subjected to two levels of water availability in the soil and crescent phosphorus dosages. The cultivation was conducted from February to June 2016 by using ten lysimeters of constant water table, simulating two heights of the water table, 0.40 m and 0.70 m. In each lysimeter, one of them, six pots were placed, with one seedling by pot. The crescent phosphorus dosages used were 0, 40, 80, 120, and 160 mg dm⁻¹ of soil. The experimental design adopted was the factorial 2 x 5, with six replications, in which each, pot was considered a plot, totalizing 60 of them. The evaluated parameters were final height and diameter, aerial parts fresh mass, root fresh mass, total fresh mass, relative water level, water potential in the leaf (Ψ_f), and consumption of water. The results allow us to infer that, under the conditions evaluated, the dosage of 160 mg dm⁻³ of phosphorus associated with the supply of 537.2 mm of water in the first five months of crop implantation provides better morphological and physiological development, under the conditions evaluated.

Keywords: irrigation, lysimeter, phosphate fertilization.

3 INTRODUÇÃO

O guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss.) é uma espécie florestal distribuída no México e em toda América do Sul (PETIT; MONTAGNINI, 2006). No Brasil é encontrada desde a região amazônica até o norte de Santa Catarina, principalmente na mata atlântica (MARQUES; JOLY, 2000), e segundo Zacarias et al. (2012), essa espécie apresenta adaptação a um largo gradiente de umidade no solo, podendo desenvolver maior porte e vantagem seletiva sobre outras espécies em áreas permanentemente encharcadas.

A área de florestas plantadas no Brasil é de pouco mais de 9 milhões de hectares, e em cerca de 95% predomina o plantio de eucaliptos e pinus, sendo o restante composto por espécies não convencionais (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2020). De acordo com Campelo et al. (2015), há uma grande diversidade de espécies florestais promissoras para o setor madeireiro, porém as pesquisas são escassas. O guanandi é uma espécie nativa apontada em pesquisas como opção potencial para produção florestal devido à qualidade de sua madeira e às inúmeras possibilidades de utilização (PETIT; MONTAGNINI, 2006; LISBOA et al., 2012).

O manejo adequado da irrigação permite suprir as necessidades hídricas das culturas, e também diminuir os problemas de doenças, lixiviação de nutrientes e gastos com consumo de água e energia. No caso de espécies florestais, o suprimento de água e nutrientes no desenvolvimento inicial pode ser essencial para garantir o enraizamento da muda no local definitivo do plantio; além de ser fator determinante para a diversidade e distribuição das plantas (FRANÇA et al., 2017). Na literatura, há predomínio de trabalhos com espécies exóticas, principalmente, com eucalipto e pinus, porém, para a cultura do guanandi, as informações em relação às exigências nutricionais e às necessidades hídricas são esparsas.

Diante da necessidade de estudos e pesquisas para o conhecimento do potencial de desenvolvimento da cultura, este trabalho objetivou avaliar as respostas morfológicas, fisiológicas, e o consumo de água do guanandi na fase inicial de crescimento das mudas, submetidas à dois níveis de disponibilidade de água no solo e doses crescentes de fósforo.

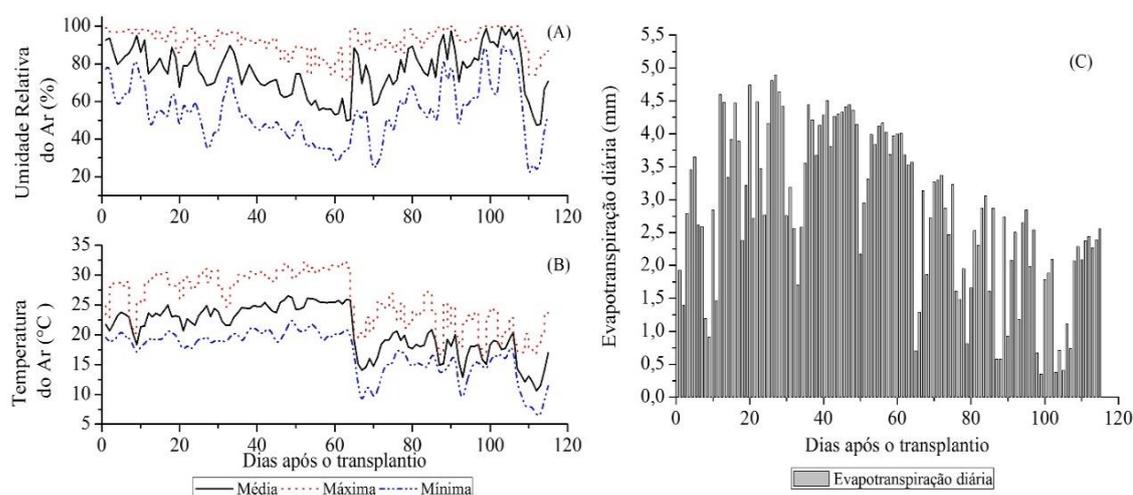
4 MATERIAIS E MÉTODOS

O cultivo foi realizado de fevereiro a junho de 2016 nas instalações do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), pertencente a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), localizada no município de Botucatu, estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: latitude 22° 51' S, longitude 48° 26' W e

altitude de 786 m. De acordo com a classificação de Köppen a região apresenta clima do tipo Cfa, clima subtropical úmido (CUNHA; MARTINS, 2009; ALVARES et al., 2013).

Durante o período de avaliação foram monitorados a temperatura, a umidade relativa do ar e a evapotranspiração de referência (Penman-Monteith) (Figura 1) da área onde está instalada a casa de vegetação.

Figura 1. Umidade relativa (A) e temperatura do ar (B), Evapotranspiração de referência (Penman-Monteith) da área externa da casa de vegetação (C), referente ao período de 23 de fevereiro a 12 de junho de 2016, Botucatu, SP



A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação, composta por estrutura metálica do tipo teto em arco, coberta com polietileno transparente difusor, pé direito de 3 m e dimensões de 30 m de comprimento por 6,40 m de largura, com laterais fechadas por tela do tipo sombrite. Para avaliar o efeito dos dois níveis de lençol freático no desenvolvimento inicial do guanandi em casa de vegetação, foram utilizados dez lisímetros de lençol freático constante, com alimentação contínua de água através de um reservatório individual graduado.

Em cada lisímetro, foram colocados seis vasos confeccionados de tubos de PVC de diâmetro nominal de 150 mm, com alturas de 0,40 m e 0,70 m, simulando o efeito de duas profundidades de lençol

freático constante. Para fechar o fundo de cada vaso, utilizou-se um cap de PVC de 150 mm, perfurado para permitir a ascensão capilar, também foi colocada uma manta geotêxtil para evitar a perda de solo.

A estrutura de cada lisímetro foi composta por uma bandeja metálica com dimensões de 0,40 m de largura por 0,60 m de comprimento e altura de 0,14 m, contendo uma camada de 0,05 m de areia lavada. O nível da água constante na bandeja foi mantido por meio do uso de uma câmara intermediária provida de uma boia, sendo essa câmara abastecida por um reservatório de água graduado em milímetros, de tubo de PVC com diâmetro nominal de 150 mm e 0,80 m de altura. Os vasos ficaram enterrados na areia, de modo a obter um

lençol de 0,04 m a partir de suas bases, das quais se estabeleceu duas profundidades do lençol freático, 0,40 m e 0,70 m, da superfície dos vasos até o nível da água.

Com o intuito de mensurar a evapotranspiração da cultura nos vasos, os interstícios entre esses foram preenchidos com parafina para evitar a evaporação da água das bandejas. O solo utilizado no

experimento, de classe textural argiloso, foi peneirado em malha de 5 mm e seco ao ar até atingir 2% de umidade para depois, preencher os vasos. Para avaliar a necessidade de correção da acidez do solo e de adubação, foram feitas análises químicas e físicas, segundo a metodologia descrita por Van Raij et al. (1997), e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo argiloso utilizado para o cultivo do guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) em vasos, Botucatu, SP.

Areia		Argila		Silte		Textura do solo		pH	M.O.	
		------(g kg ⁻¹)-----						CaCl ₂	g dm ⁻³	
351		469		180		Argilosa		6,5	21	
P resina	S	Al ³⁺	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	
mg dm ⁻³								mmolc dm ⁻³ -----		%
11	24	0	16	2,9	59	12	75	91	82	

Legenda: M.O. matéria orgânica; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V%: saturação por bases.

Fonte: Laboratório de física de solo e Laboratório de fertilidade do solo, FCA, UNESP.

A adubação inicial de nitrogênio e potássio da cultura foi calculada de acordo com os valores propostos por Silva (2005) para o plantio de árvores nativas. Para avaliar a influência da adubação fosfatada no desenvolvimento inicial da cultura em duas profundidades do lençol freático, 0,40 m e 0,70 m, foram estabelecidas doses crescentes desse elemento, sendo 0, 40, 80, 120 e 160 mg dm⁻³ de fósforo. Desta forma, o delineamento experimental utilizado foi em fatorial 2 x 5 (duas profundidades do lençol freático e 5 dosagens de fósforo), com seis repetições, no qual considerou-se cada vaso uma unidade amostral, totalizando 60 unidades experimentais.

As mudas foram transplantadas para os vasos aos 90 dias após a emergência, aptas ao plantio à campo. Nos primeiros 30 dias, foram realizadas irrigações diretamente em cada vaso para permitir o enraizamento das plantas e a partir deste período, a irrigação foi suspensa, passando a ser apenas por ascensão capilar. Avaliou-se a evapotranspiração real da cultura (ET)

ocorrida nos seis vasos de cada lisímetro a partir de coletas diárias, caracterizadas pela perda de água em cada vaso, relacionada à planta e ao solo.

A evapotranspiração real da cultura pode ser obtida a partir da equação do balanço hídrico, o qual segundo Moraes et al. (2015) é considerado um método direto para estudar a dinâmica de absorção da água pelas culturas agrícolas; e envolve variáveis como a irrigação, a precipitação, a drenagem profunda, o escoamento superficial e a variação do armazenamento. No entanto, o cálculo da evapotranspiração da cultura deste trabalho durante o período de avaliação das plantas foi realizado por meio de outra metodologia, uma vez que não houve irrigação, e a drenagem profunda e o escoamento superficial não ocorreram, pois o sistema foi mantido fechado nas laterais e no fundo.

As variações de armazenamento foram consideradas desprezíveis no intervalo de tempo em que a ET foi determinada, pois o teor de água no solo foi

aproximadamente constante, uma vez que o abastecimento de água foi automático, sendo esse parâmetro quase nulo. Desta forma, a única variável que influenciou na ET foi a ascensão capilar, e sua quantificação realizada por meio de leituras diárias do nível da água no reservatório de abastecimento, no mesmo horário, às 13h00, do nível da água no reservatório de abastecimento, a partir da equação:

$$ET = \frac{(L1-L2)}{6} \quad (1)$$

Em que: ET é a evapotranspiração real da cultura (mm); L1 é a leitura do dia, obtida na escala do reservatório de abastecimento (mm); e L2 é a leitura anterior, obtida na escala do reservatório de abastecimento (mm).

Assim, a partir da diferença entre o nível de água do reservatório de abastecimento e o nível do dia anterior, dividida pelos seis vasos, obteve-se a ET real da cultura, diária, expressa em mm, durante o período de 80 dias no qual o desenvolvimento inicial do guanandi foi avaliado.

Aos 80 dias após o transplante, entre às 9 e às 11 horas, procedeu-se a avaliação fisiológica de três plantas de cada tratamento, escolhidas ao acaso, para a medida do teor relativo de água na folha (TRA) seguindo a metodologia proposta por

Jadoski e Klar (2011), e do potencial de água na folha (Ψ_f), estimado pelo método da câmara de pressão tipo Scholander (SCHOLANDER; HAMMEL; BRADSTRRET, 1965).

Ao final do período foram coletadas três plantas ao acaso de cada tratamento para avaliar os seguintes aspectos morfológicos: altura (cm), diâmetro da base caulinar (mm), a massa fresca total (MFT), massa fresca das raízes (MFR) e massa fresca da parte aérea (MFPA). Amostras de folhas recém desenvolvidas foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Tecidos Vegetais para determinação dos teores foliares de macro e micronutrientes, seguindo a metodologia estabelecida por Van Raij *et al.* (1997).

Os resultados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e posteriormente comparados através do teste de médias (Tukey) a 0,05 de probabilidade, utilizando-se software estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016).

5 RESULTADOS

Os fatores avaliados interagiram significativamente apenas para a altura e diâmetro final das plantas (Tabela 2). Para os demais parâmetros avaliados apresentados na Tabela 3, não houve interação significativa.

Tabela 2. Análise de variância para a altura (cm) e diâmetro (mm) das plantas de guanandi ao final do período experimental.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio	
		Altura	Diâmetro
Profundidade do lençol freático (PLF)	1	14852,27**	11040,55**
Doses de Fósforo (P)	4	704,85**	10,91**
Interação PLF x P	4	519,93**	5,05*
Tratamentos	9	2194,60**	19,36**
Resíduo	50	61,3	1,69
Coeficiente de variação	(%)	9,86	12,3

*,**Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; GL - Grau de liberdade.

Tabela 3. Análise de variância para a massa fresca total (MFT), massa fresca das raízes (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA), teor relativo de água (TRA) e potencial de água na folha (Ψ_f) das plantas de guanandi.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio				
		MFT	MFR	MFPA	TRA	Ψ_f
Profundidade do lençol freático (PLF)	1	31033,75**	2993,40**	14750,58**	0,91 ^{ns}	15,55**
Doses de Fósforo (P)	4	2349,57**	376,48**	893,34*	51,29 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Interação PLF x P	4	754,58 ^{ns}	160,73 ^{ns}	265,91 ^{ns}	33,91 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Tratamentos	9	4827,82**	571,36**	2154,18**	37,97 ^{ns}	2,38**
Resíduo	20	471,6	69,81	240,84	42,92	0,44
Coefficiente de variação (%)		19,78	22,93	21,15	8,15	29,66

Legenda: *,**Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - Não significativo, pelo teste F; GL - Grau de liberdade.

A interação dos dois fatores proporcionou às plantas cultivadas com lençol freático a 0,40 m de profundidade e

dose de 160 mg dm⁻³ de P, as médias mais elevadas de altura e diâmetro (Tabela 4).

Tabela 4. Desdobramento da interação entre a profundidade do lençol freático e as doses de fósforo para as médias de altura e diâmetro final das plantas.

		Altura (cm)				
Profundidade do Lençol Freático		Doses de Fósforo (mg dm ⁻³)				
		0	40	80	120	160
0,40 m	100,00 aAB	89,00 aB	96,33 aAB	88,66 aB	101,83 aA	
0,70 m	47,16 bB	54,83 bB	68,00 bA	68,17 bA	80,33 bA	
CV(%)		9,86				
		Diâmetro (mm)				
Profundidade do Lençol Freático		Doses de Fósforo (mg dm ⁻³)				
		0	40	80	120	160
0,40 m	12,28 aA	11,66 aA	11,69 aA	11,06 aA	13,06 aA	
0,70 m	8,15 bB	7,63 bB	10,47 aA	8,97 bAB	10,98 bA	
CV(%)		10,74				

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey. CV: coeficiente de variação.

A plantas cultivadas sem adubação fosfatada e lençol freático a 0,70 m de profundidade, apresentaram as menores médias de altura, e em relação ao diâmetro,

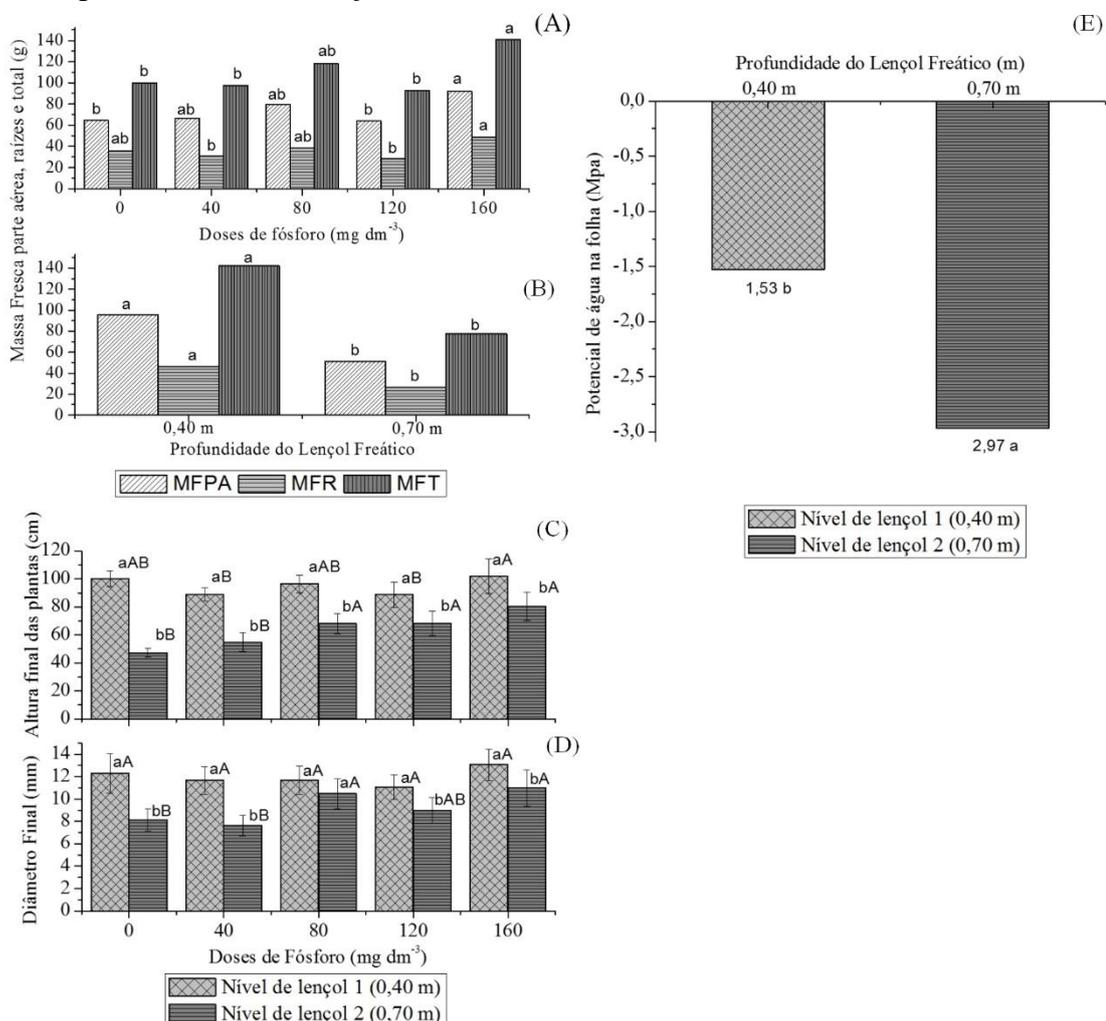
foi a dose de 40 mg dm⁻³ de fósforo. Esse nutriente faz parte da síntese de proteínas nas plantas, e quando disponível para a absorção, reflete em maior crescimento

vegetativo (SILVA et al., 2018), conforme pode-se observar com as respostas obtidas (Tabela 4).

Ao avaliar os fatores separadamente, nota-se que as duas profundidades do lençol freático simuladas, tiveram efeito altamente significativo sobre o desenvolvimento das plantas, de acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3 para as

variáveis altura, diâmetro, massa fresca total (MFT), massa fresca das raízes (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA) e potencial de água na folha (Ψ_f). Os resultados médios desses parâmetros foram submetidos ao teste de Tukey ($p < 0,05$) em função das doses de fósforo, e da profundidade do lençol freático e são demonstrados na Figura 2.

Figura 2. Massa fresca da parte aérea (MFPA), raízes (MFR) e total (MFT) em função das doses de fósforo (A), e da profundidade do lençol freático (B); altura Final (C) e diâmetro final da haste (D) das plantas de guanandi em função das duas profundidades do lençol.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, letras minúsculas representam comparação entre colunas, e letras maiúsculas comparação em linha.

Entre as diferentes doses do fósforo, só foi constatada diferença significativa para os parâmetros morfológicos. As médias do potencial de água na folha (Ψ_f) e do teor

relativo de água (TRA) não apresentaram diferença estatística significativa. Ao comparar os resultados médios da altura e diâmetro para cada dose de fósforo em

relação às duas profundidades do lençol freático, nota-se que a diferença foi significativa, sugerindo que em situação de menor disponibilidade de água para o guanandi, a absorção do fósforo pode ser comprometida, porém neste caso, a água mostra-se o fator mais limitante. Esse resultado está relacionado a forma de absorção deste nutriente, por difusão, na qual a água atua como meio de transporte do P contido no solo para as raízes (DOMINGHETTI et al., 2014).

Em relação à avaliação fisiológica da cultura, a influência também foi altamente significativa para o potencial de água na folha (Tabela 3), sendo o tratamento do lençol freático mais profundo com as maiores médias do potencial de água na folha, evidenciando menor umidade no solo, pois essa condição é dependente da umidade do mesmo. Em contra partida, para o teor relativo de água das folhas, não houve diferença entre os dois níveis de lençol freático (Tabela 3).

Os resultados encontrados relacionados ao teor relativo de água nas folhas, corroboram com Costa et al. (2015), os quais relatam que as plantas podem apresentar TRA semelhantes e potenciais de água na folha diferentes. De acordo com Rocha et al. (2016), na fase de desenvolvimento inicial, o guanandi quando submetido a um período de estresse hídrico e outro de reidratação, se recupera, porém, pode apresentar danos irreversíveis às suas estruturas e funções celulares.

Em relação ao lençol freático mais profundo, de 0,70 m, as plantas cultivadas nessa condição, tiveram um desenvolvimento menor em relação ao lençol freático mais superficial de 0,40 m, caracterizado por redução em todos os parâmetros morfológicos avaliados devido a menor disponibilidade de água e, conseqüentemente, maior gasto de energia para alcançar a área mais úmida do solo. Em viveiros, plantas com maior altura e maior diâmetro da base caulinar são consideradas

de melhor qualidade (FREITAS et al., 2017), pois essas características podem favorecer o seu desempenho na fase inicial de crescimento no campo.

A cultura do guanandi é sensível ao estresse hídrico, refletindo na redução das trocas gasosas e da fotossíntese (CAMPELO et al., 2015) e, conseqüentemente, em menor desenvolvimento. Segundo Jadoski e Klar (2011) e Chen et al. (2010), há diferenças entre as espécies de plantas quanto à resistência a abscisão foliar em condições de estresse hídrico, esses autores consideram que a queda prematura de folhas é uma característica indicadora de maior sensibilidade das plantas à deficiência hídrica.

As plantas submetidas ao lençol freático mais profundo, tiveram redução significativa do desenvolvimento de suas folhas e raízes ao serem comparadas com as plantas cultivadas em vasos com o lençol freático mais superficial, conforme é possível verificar na Figura 2, item B.

A dose mais elevada de fósforo (160mg dm^{-3}) proporcionou maior altura e maior massa fresca total, com diferença estatística para as doses de 0, 40 e 120mg dm^{-3} de P; e as plantas submetidas à profundidade de 0,40 m tiveram maior altura, diâmetro e massa fresca, e menor potencial de água na folha.

O fósforo nas plantas em fase de crescimento é mais abundante nos tecidos meristemáticos, onde a respiração e a síntese de proteínas são mais intensas (TAIZ; ZEIGER, 2013), por isso a necessidade do aporte adequado desse nutriente no desenvolvimento inicial da cultura. Porém, de acordo com Siqueira et al. (1998), as espécies clímax, como o guanandi, crescem independente do suprimento de fósforo, por apresentarem um menor crescimento inicial, e também maior tamanho das sementes e maior quantidade de P nas mesmas. Os resultados encontrados neste estudo, demonstram que a adubação fosfatada quando fornecida junto com o suprimento de

água, proporciona maior crescimento da cultura, porém, na falta desse nutriente o seu desenvolvimento não cessa, apenas reduz.

Sereda et al. (2016) ao avaliarem a cultura do guanandi em condições de baixa fertilidade do solo, alto teor de alumínio e baixo teor de N, concluíram que as folhas da cultura são esclerófilas, ou seja, folhas mais duras e com maior proteção à perda de nutrientes. Essa adaptabilidade da cultura à solos com baixa fertilidade foi relatada por Resende et al. (1999), quando os autores

avaliaram as respostas de espécies florestais, dentre elas o guanandi, ao fornecimento de P, e concluíram que essa espécie apresenta resultados poucos conclusivos em relação às suas exigências.

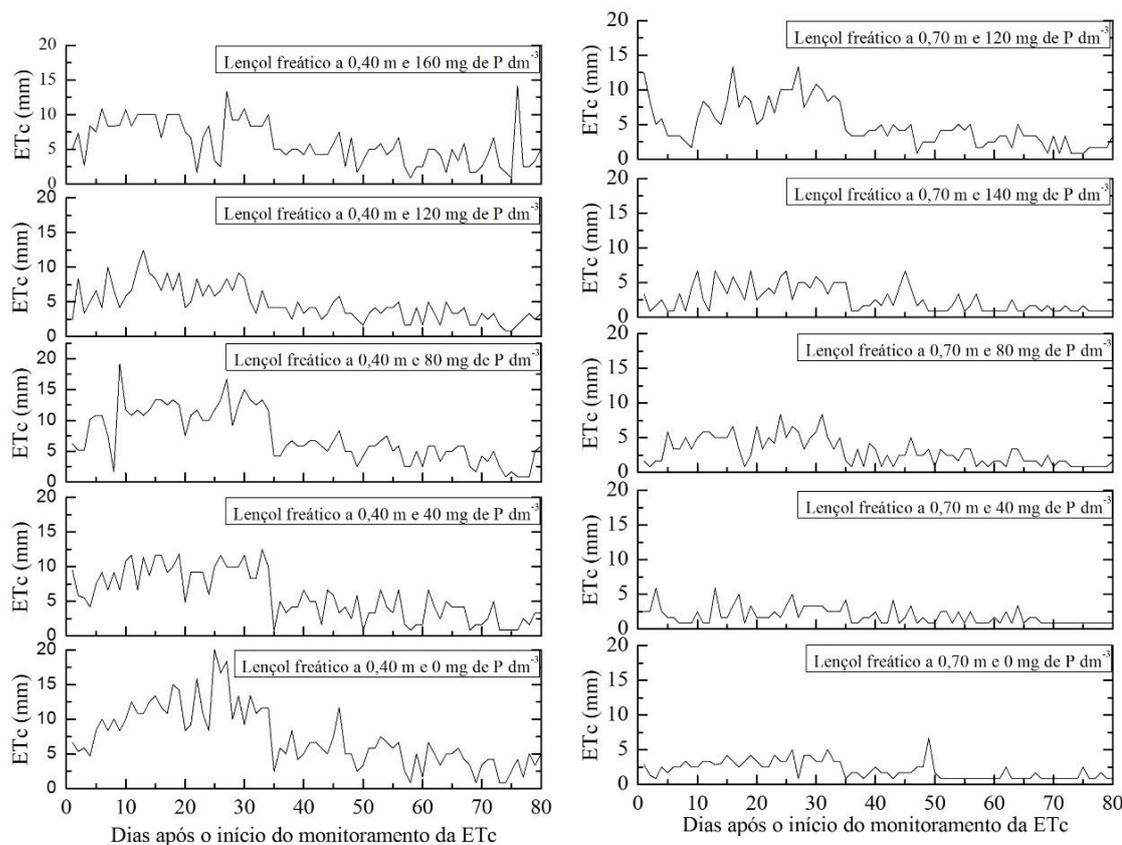
Ao avaliar o consumo final de água (Tabela 5) por meio da evapotranspiração da cultura (ETc), medida diariamente ao longo do período avaliado (Figura 3), constata-se que as plantas cultivadas com lençol freático mais superficial apresentaram maior evapotranspiração.

Tabela 5. Evapotranspiração da cultura total ao final do período de avaliado (80 DAT) para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	Evapotranspiração da cultura do Guanandi (mm)	Tratamentos	Evapotranspiração da cultura do Guanandi (mm)
1.1	611,67	2.1	172,50
1.2	486,00	2.2	156,67
1.3	610,83	2.3	245,83
1.4	490,83	2.4	214,17
1.5	486,67	2.5	410,17

Legenda: 1.1 Lençol freático a 0,40 m e 0 mg de P dm⁻³; 1.2 Lençol freático a 0,40 m e 40 mg de P dm⁻³; 1.3 Lençol freático a 0,40 m e 80 mg de P dm⁻³; 1.4 Lençol freático a 0,40 m e 120 mg de P dm⁻³; 1.5 Lençol freático a 0,40 m e 160 mg de P dm⁻³; 2.1 Lençol freático a 0,70 m e 0 mg de P dm⁻³; 2.2 Lençol freático a 0,70 m e 40 mg de P dm⁻³; 2.3 Lençol freático a 0,70 m e 80 mg de P dm⁻³; 2.4 Lençol freático a 0,70 m e 120 mg de P dm⁻³; 2.5 Lençol freático a 0,70 m e 160 mg de P dm⁻³.

Figura 3. Evapotranspiração (ETc) (mm) da cultura do guanandi para os diferentes tratamentos, medida diariamente ao longo do período experimental.



A evapotranspiração da cultura está diretamente relacionada ao teor de água disponível no solo, ao desenvolvimento morfológico da planta e às condições atmosféricas do local de cultivo. O contato direto entre os pelos radiculares e as partículas do solo aumentam a área de superfície para a absorção de água (TAIZ; ZEIGER, 2013), no caso deste trabalho, as plantas cultivadas em lençol freático mais superficial tiveram maior desenvolvimento radicular e de parte aérea, proporcionando maior absorção de água, e maior evapotranspiração (Figura 3).

Os valores médios de consumo de água por planta ao longo do período experimental, calculados a partir da Tabela

5, foram de 537,2 mm e 239,9 mm para as plantas cultivadas em lençol freático de 0,40 m e 0,70 m, respectivamente. Esse resultado sugere que se forem realizadas irrigações parceladas no período inicial de implantação da cultura, de modo a aplicar uma lâmina de 537,2 mm, às plantas podem apresentar melhor desenvolvimento em condições próximas às avaliadas neste trabalho.

Os teores de macronutrientes e micronutrientes da parte aérea das plantas estão descritos na Tabela 6. Os valores encontrados para todos os tratamentos estão de acordo com os teores esperados para espécies florestais, conforme proposto por Van Raij et al. (1997).

Tabela 6. Teores foliares de nutrientes das plantas de guanandi ao final do período experimental (80 DAT) para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
1.1	11	0,6	7	7	1,7	1,3	10	11	118	95	20
1.2	11	0,5	4	6	1,4	1,2	8	8	89	40	15
1.3	13	0,6	5	9	1,9	1,5	9	9	216	42	17
1.4	11	0,5	5	9	1,7	1,3	8	8	128	30	17
1.5	13	0,6	5	9	1,7	1,3	9	9	276	36	19
2.1	15	0,5	6	9	2,1	1,2	13	8	140	351	18
2.2	12	0,5	4	8	2,1	1,1	11	8	110	89	16
2.3	13	0,5	5	7	1,5	1,2	8	8	125	60	22
2.4	15	0,6	6	9	1,7	1,2	12	10	103	90	37
2.5	12	0,5	4	8	1,9	1,3	9	9	160	31	24

Legenda: 1.1 Lençol freático a 0,40 m e 0 mg de P dm⁻³; 1.2 Lençol freático a 0,40 m e 40 mg de P dm⁻³; 1.3 Lençol freático a 0,40 m e 80 mg de P dm⁻³; 1.5 Lençol freático a 0,40 m e 120 mg de P dm⁻³; 1.5 Lençol freático a 0,40 m e 160 mg de P dm⁻³; 2.1 Lençol freático a 0,70 m e 0 mg de P dm⁻³; 2.2 Lençol freático a 0,70 m e 40 mg de P dm⁻³; 2.3 Lençol freático a 0,70 m e 80 mg de P dm⁻³; 2.4 Lençol freático a 0,70 m e 120 mg de P dm⁻³; 2.5 Lençol freático a 0,70 m e 160 mg de P dm⁻³.

O aporte de fósforo crescente avaliado neste experimento, não proporcionou teores diferentes nas folhas desse elemento. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de o fósforo reagir com outros componentes do solo e por isso é convertido à formas não disponíveis para a absorção pelas plantas. Desse modo, Rodrigues et al. (2017) sugerem subdividir as recomendações de adubações fosfatadas, e também priorizar por fertilizantes de liberação lenta. Somada a essa característica da fixação do fósforo no solo, há o fato das plantas de guanandi apresentarem demanda reduzida desse elemento em seu estágio inicial de desenvolvimento, conforme citado anteriormente.

No que se refere a disponibilidade de água, nota-se através da Tabela 5, que os teores foliares de nutrientes mantiveram-se dentro da faixa esperada para a cultura (VAN RAIJ et al., 1997), evidenciando que não houve influência dos dois níveis de lençol freático nesses resultados. O manejo inicial deste experimento pode ter influenciado neste resultado, pois a adubação foi realizada no momento do plantio das mudas em cada vaso e, durante

os primeiros 30 dias, essas plantas receberam suprimento de água necessário a fim de permitir seu enraizamento, o que pode ter proporcionando a absorção e o acúmulo de nutrientes necessários ao período avaliado.

6 CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem inferir que a dose de 160 mg dm⁻³ de fósforo associada ao fornecimento de uma lâmina de 537,2 mm de água nos primeiros cinco meses de implantação da cultura do guanandi, proporciona melhor desenvolvimento morfológico e fisiológico, nas condições avaliadas.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas concessões de bolsas de doutorado ao primeiro e de mestrado para o segundo e terceiro autor. Agradecem também a

empresa Vasconcelos Florestal pela doação das mudas.

8 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVEZ, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- CAMPELO, D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; CORREIA, D.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; NEVES, A. L. R. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 39, n. 5, p. 973-983, 2015.
- CHEN, J. W.; ZHANG, Q.; LI, X. S.; CAO, K. F. Gas exchange and hydraulics in seedlings of *Hevea brasiliensis* during water stress and recovery. **Tree Physiology**, Oxford, v. 30, n. 7, p. 876-885, 2010.
- COSTA, A. S.; FREIRE, A. L. O.; BAKKE, I. A.; PEREIRA, F. H. F. Resposta fisiológicas e bioquímicas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Alemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 705-717, 2015.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.
- DOMINGHETTI, A. W.; SCALCO, M. S.; GUIMARÃES, R. J.; SILVA, D. R. G.; CARVALHO, J. P. S.; PEREIRA, V. A. Doses de fósforo e irrigação na nutrição foliar do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1235-1240, 2014.
- FRANÇA, P. H. T.; SILVA, E. C. A.; SILVA, T. C.; BRASIL, N. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Análise fisiológica em mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) submetidas ao déficit hídrico. **ACSA**, Patos, v. 13, n. 4, p. 264-269, 2017.
- FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 509-519, 2017.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **2020 Relatório Anual**. São Paulo: IBÁ, 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 01 de maio de 2021.
- JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E. **Fisiologia do estresse por deficiência hídrica: cultura do pimentão**. Guarapuava: [s. n.], 2011.

- LISBOA, A. C.; SANTOS, P. S.; OLIVEIRA NETO, S. S.; CASTRO, D. N.; ABREU, A. H. M. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 603-609, 2012.
- MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 107-112, 2000.
- MORAES, J. G.; MARCIANO, C. R.; AMARAL, C. D.; SOUZA, E. F.; MARINHO, C. S. Balanço hídrico e coeficiente de cultura da laranjeira Folha Murcha no nordeste fluminense. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 241-249, 2015.
- PETIT, B.; MONTAGNINI, F. Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 233, n. 2-3, p. 338-343, 2006.
- RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, N. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 2017-2081, 1999.
- ROCHA, M. A. M.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; BARBOSA, E. L.; FEITOSA, H. O.; SOUSA, C. H. D. Physiological responses of three woody species seedlings under water stress, in soil with and without organic matter. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 40, n. 3, p. 455-464, jun. 2016.
- RODRIGUES, M. R. L.; TEIXEIRA, W. G.; BARROS, M. E. O.; MACEDO, R. S.; MARTINS, G. C.; FERRAZ, R. D.; SILVA, E. F. **Uso do solo e adubação de espécies florestais nas condições pedoclimáticas da base petrolífera de Urucu, Coari, AM**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2017. (Documentos, 136). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1088200/1/292017Final.pdf>. Acesso em: 2 maio 2021.
- SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Lancaster, v. 148, n. 3668, p. 339-346, 1965.
- SEREDA, F.; REISSMANN, C. B.; BOEGER, M. R.; MARQUES, R. Teores foliares e esclerofilia de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae) e suas relações edáficas no litoral do Estado do Paraná, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 583-590, 2016.
- SILVA, E. N.; TAVARES, A. T.; SILVA, C. C.; FERREIRA, T. A.; CARLINE, J. V. G.; NASCIMENTO, I. R. Fungos micorrízicos arbusculares e doses de fósforo no desenvolvimento de mudas de guanandi. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 3, p. 246-251, 2018.
- SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural Research**, Lagos, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, P. H. M. **Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Nativas**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005. Disponível em: https://www.ipef.br/publicacoes/acervo/historico/informacoestecnicas/recomendacoes_de_adubacao_para_eucalyptus_pinus_e_especies_nativas.aspx. Acesso em: 22 mar. 2017.

SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C.; CURTI, N.; ROSADO, S. C. S.; DAVIDE, A. C. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native Woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 107, n. 1, p. 241-252, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013.

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, J. A.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. (Boletim Técnico, n. 100).

ZACARIAS, R. R.; BRITTEZ, R. M.; GALVÃO, F.; BOEGER, M. R. T. Fitossociologia de dois trechos de floresta ombrófila densa aluvial em solos hidromórficos, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 4, p. 769-782, 2012.