

MARCIO DE OLIVEIRA MARTINS

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO NIM INDIANO SOB DÉFICIT HÍDRICO
EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO**

Recife – PE
2008

MARCIO DE OLIVEIRA MARTINS

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO NIM INDIANO SOB DÉFICIT HÍDRICO
EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira

Conselheiros:

Prof. Dr. André Dias de Azevedo Neto

Prof. Dr. Mauro Guida dos Santos

FICHA CATALOGRÁFICA

M386a Martins, Marcio de Oliveira
 Aspectos fisiológicos do nim indiano sob déficit hídrico em
 condições de casa de vegetação / Marcio de Oliveira Martins. --
 2008.
 84 f.: il.

 Orientadora: Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira
 Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal
 Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia.
 Inclui bibliografia.

CDD 581.1

1. *Azadirachta indica*
 2. Crescimento
 3. Relações hídricas
 4. Estresse hídrico
- I. Nogueira, Rejane Jurema Mansur Custódio
 - II. Título

MARCIO DE OLIVEIRA MARTINS

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO NIM INDIANO SOB DÉFICIT HÍDRICO
EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 20 de fevereiro de 2008.

Prof^ª. Dr^ª. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
(Orientadora)

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Prof^ª. Dr^ª. Terezinha de Jesus Rangel Câmara
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Prof^ª. Dr^ª. Elcida de Lima Araújo
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde realizei este curso e por ter utilizado suas dependências.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica, ao qual me dediquei dois anos da minha vida e saio com excelentes lembranças de quem faz esse curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa durante o período do curso.

À Prof. Dr^a. Rejane J. Mansur C. Nogueira, pela orientação e acolhimento desde o primeiro dia em que nos conhecemos, o qual nunca esquecerei.

Ao Prof. Dr. André Dias de Azevedo Neto, meu conselheiro e grande amigo, que sempre tinha grandes conselhos e excelentes momentos de alegria.

Ao Prof. Mauro Guida dos Santos, também conselheiro, pela paciência e ajuda devotados a este trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pelas excelentes contribuições prestadas.

À Elizamar, grande amiga, a qual tenho carinho comparável ao que sentem os irmãos, pela presença constante em tempos difíceis e pelas palavras de carinho que sempre tinha à disposição.

Aos grandes amigos Eric e Marcelle, que estavam sempre juntos nos momentos de intenso trabalho e com os quais tive bons momentos de alegria.

À Maria Alice, por sempre estar disposta a ajudar e pela amizade que temos juntos.

À toda família LFV, por serem minha família durante esse período.

Aos grandes amigos, Manoel, Ise, Ernani, Lidiane, Juliana, Aurenívia, Hugo Henrique, que ajudaram a tornar este período mais feliz e mais divertido pelas horas de descontração que tivemos.

A meus pais, Claudio e Graça, por terem compreendido minhas decisões e me apoiarem durante o curso.

Aos meus irmãos, Claudio e Carol, por me ajudarem e me incentivarem quando precisei.

À Keisiane Rocha Saboya, meu grande amor e mulher da minha vida, por entender meus sonhos, compreender meus defeitos e me apoiar incondicionalmente durante esses dois longos anos de nossas vidas.

À Deus, por sempre estar olhando por mim.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1** - Matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR) e total (MST) de plantas de nim indiano submetidas a diferentes tratamentos hídricos cultivadas em casa de vegetação. Linhas verticais indicam desvio-padrão 38
- Figura 2** - Alocação de biomassa das folhas (ABF), caule (ABC) e raízes (ABR) de plantas de nim indiano submetidas a diferentes regimes hídricos. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)..... 40

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 - Altura (cm) de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) sob diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) cultivadas em casa de vegetação..... 33

Tabela 2 - Número de folhas (dados não-transformados) de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) sob diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) cultivadas em casa de vegetação.
..... 34

Tabela 3 - Diâmetro do caule (cm) de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) sob diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) cultivadas em casa de vegetação..... 34

Tabela 4 - Razão raiz/parte aérea (R/Pa) de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) cultivadas em casa de vegetação 42

Tabela 5 - Área foliar, razão de área foliar e área foliar específica (AFE) em plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) cultivadas em casa de vegetação..... 43

Capítulo 2

Tabela 1 - Potencial hídrico foliar (MPa) em plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) em dois horários e três épocas de avaliação. O tratamento Reirrigado teve início 24h após a avaliação de 30 dias após a diferenciação (DAD)
..... 56

Tabela 2 - TRA (%) em plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) em três épocas de avaliação. O tratamento Reirrigado teve início 24h após a avaliação de 30 dias após a diferenciação dos tratamentos (DAD) 58

Tabela 3 - Concentração de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre em folhas de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP) e suspensão da rega (SR)). O tratamento Reirrigado (R) teve início 24h após a avaliação de 30 dias após a diferenciação (DAD) 60

Tabela 4 - Concentração de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre em raízes de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP) e suspensão da rega (SR)). O tratamento Reirrigado (R) teve início 24h após a avaliação de 30 dias após a diferenciação (DAD) 62

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xi
PARTE 1	12
INTRODUÇÃO.....	13
REVISÃO DE LITERATURA	15
Considerações sobre a espécie.....	15
Estresse hídrico.....	16
Efeitos do estresse hídrico no crescimento vegetal	17
Efeitos do estresse hídrico nas relações hídricas	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
PARTE 2	26
Capítulo 1 – Influência do déficit hídrico no crescimento de plantas jovens de Nim indiano	27
Introdução.....	29
Material e métodos	30
Resultados e discussão	32
Altura, Número de Folhas e Diâmetro do Caule	32
Matéria Seca das Folhas, Caule e Raízes	36
Alocação de Biomassa das Folhas, Caule e Raízes e Razão Raiz/Parte aérea	39
Área foliar, Razão de área foliar e Área foliar específica	43
Conclusões.....	44
Referências Bibliográficas.....	45
Capítulo 2 – Relações hídricas em plantas jovens de Nim indiano submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico.....	49
INTRODUÇÃO.....	52
MATERIAIS E MÉTODOS.....	53

RESULTADOS	55
<i>Potencial hídrico foliar</i>	55
<i>Teor relativo de água (TRA)</i>	57
<i>Quantificação de solutos orgânicos</i>	58
DISCUSSÃO	62
REFERÊNCIAS	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
ANEXOS	69
ANEXO I – INSTRUÇÕES AOS AUTORES.....	70
Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.....	70
Revista Brazilian Journal of Plant Physiology	79
ANEXO II – ANÁLISES REALIZADAS NO SOLO.....	84

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo avaliar a influência do déficit hídrico no crescimento e nas relações hídricas de plantas jovens de nim indiano. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos hídricos (100, 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e Reirrigado). Foram avaliados semanalmente altura, número de folhas e diâmetro do caule. Ao final do experimento, as plantas foram levadas à estufa para obtenção da matéria seca das folhas, caule, raízes e total. De posse destes dados, foram calculadas a alocação de biomassa das folhas, caule e raízes. Também foram calculadas a área foliar, a razão de área foliar e a área foliar específica. O potencial hídrico foliar foi avaliado em três épocas (30, 45 e 60 dias após a diferenciação dos tratamentos hídricos) em dois horários de avaliação (pré-dawn e meio-dia). O teor relativo de água também foi avaliado em três épocas (30, 45 e 60 dias após a diferenciação dos tratamentos hídricos) utilizando-se as folhas da análise do potencial hídrico de meio-dia. O déficit hídrico reduziu a altura, número de folhas e diâmetro do caule das plantas nos tratamentos mais severos. Os efeitos do estresse também foram observados na redução da matéria seca das folhas, caule, raízes e total. Na alocação de biomassa, houve redução apenas na alocação para as folhas. Também ocorreram reduções significativas na área foliar, mas a razão de área foliar e a área foliar específica não diferiram entre os tratamentos. As plantas reirrigadas mostraram recuperação, evidenciada principalmente, pela emissão de novas folhas. Em todas as épocas e horários de avaliação, as plantas reduziram o potencial hídrico foliar nos tratamentos com 20% da CP, suspensão de rega e reirrigado. Nestes mesmos tratamentos, o teor relativo de água mostrou alteração semelhante, com reduções significativas nas três épocas de avaliação. Nas plantas do tratamento reirrigado, nas avaliações às 24h e 15 dias após essa reposição, foram verificadas recuperações significativas, mas, à medida que a umidade do solo decrescia, foram verificadas novas reduções no potencial hídrico foliar e teor relativo de água. Com relação às quantificações de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre, foram verificados aumentos significativos de acordo com a severidade dos tratamentos. Correlacionando esses dados com o teor relativo de água, verificou-se que o aumento na concentração de solutos se deu principalmente em função da redução na quantidade de água da célula. Deste modo, sugere-se que o nim indiano reduz o potencial hídrico foliar em função da queda no conteúdo relativo de água e, conclui-se também, que esta espécie pode ser cultivada na fase inicial de desenvolvimento com 80% da capacidade de pote, obtendo-se o máximo de produção.

Palavras-chave: *Azadirachta indica* A. Juss, Crescimento, Relações hídricas, Estresse hídrico.

ABSTRACT

The work was performed aiming to evaluate the effect of water deficit on growth of neem seedlings and water relations. The experimental design was entirely randomized, with seven treatments (100, 80, 60, 40, 20% of pot capacity, without water and re-watering). The height, number of leaves and stem diameter were analyzed weekly. At the end of the experiment, dry matter of the leaves, shoots, roots, root to shoot ratio and biomass allocation were determined. Leaf area, leaf area ratio and specific leaf area were also calculated. Leaf water potential (pre-dawn and noon), relative water content and contents of compatible solutes were evaluated at the same day. Water stress reduced the height, number of leaves and shoot diameter in the plants of the severe treatments. Water stress reduced leaf, stem and root dry matter. Biomass allocation was sufficient to reduce only in case of leaves. Leaf area was also reduced; however, there were no significant differences in leaf area ratio and specific leaf area. The recovery of the re-watering plants was evident by emitting new leaves. Leaf water potential was reduced by the water deficit in the treatments with 20% of pot capacity and without. The same behavior was verified for the relative water content. On the re-watering plants, though was verified rehabilitation of plants but at the end of experiment, these plants showed reductions in the leaf water potential and relative water content. Carbohydrates, proteins and proline contents increased with the water deficit. This elevation was possible because of reduction in relative water content. The results indicate that neem seedlings reduced leaf water potential because of the reduction on the relative water content and this specie can be cultivated, at the initial phase of development, under 80% of pot capacity, with highest production.

Keywords: *Azadirachta indica* A. Juss, Growth, Water relations, Water stress.

PARTE 1

INTRODUÇÃO

A espécie *Azadirachta indica* A. Juss., pertencente à família Meliaceae, é uma árvore nativa da Índia, de clima tropical e conhecida como nim indiano (do inglês, *neem*). O nim desenvolve-se bem em temperaturas acima de 20 °C, com precipitação pluviométrica anual entre 400 e 800 mm e em altitudes superiores a 700 m (SOARES et al., sd).

Na última década, o interesse pelo nim tem crescido pelas diversas propriedades do seu extrato bruto ou do seu óleo, que podem ser extraídos das folhas, caules e sementes. Essas características, que vão desde o combate às pragas agrícolas até o uso medicinal e na indústria cosmética, têm atraído a atenção de pesquisadores em todo o mundo, o que pode ser confirmado pelo número crescente de trabalhos publicados com esta espécie (WEWETZER, 1998; KULKARNI et al., 1999; ARAÚJO et al., 2000; OKEMO et al., 2001; ROOP et al., 2005).

O nim é considerado uma planta bastante versátil, pelo crescente número de utilizações que esta planta pode apresentar. A madeira do nim tem grande potencial na utilização para fins energéticos e produção de carvão (ARAÚJO et al., 2000). Doenças que se caracterizam por erupções cutâneas podem ser tratadas com a pasta das folhas de nim e, milhões de pessoas na Ásia e África utilizam pequenos galhos de nim como escova de dente, para evitar doenças periodonticas (SOARES et al., sd). O extrato alcoólico da casca do tronco de nim teve eficácia comprovada contra bactérias e fungos considerados altamente nocivos ao homem, como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans*, com efeitos satisfatórios a baixas concentrações do extrato (OKEMO et al., 2001).

Segundo Neves (2004), o nim é utilizado em diversos programas de reflorestamento no Sudeste asiático e na África, com o intuito de recuperar áreas degradadas. O mesmo autor comenta ainda que o nim, quando jovem, pode ser utilizado como componente arbóreo em sistemas agroflorestais, consorciado com sisal, amendoim, feijão, algodão, sorgo e mandioca, entre outras culturas.

Com a crescente utilização do nim indiano para os mais diversos fins, faz-se necessário um maior número de informações sobre o cultivo desta espécie, inclusive sobre suas respostas a situações de deficiência hídrica. Segundo Larcher (2006), do ponto de vista ecofisiológico, os fatores externos por si só não proporcionam conhecimento suficiente para concluirmos sobre o grau de seca, devendo, portanto, ser a planta o objeto de estudo principal, capaz de mostrar se a água é ou está sendo fator de estresse.

A resposta da planta à seca é caracterizada por mudanças fundamentais na relação da célula com a água, nos seus processos fisiológicos, na estrutura de membranas e de organelas, além das mudanças morfológicas e fenológicas da planta, alterando a relação do seu dossel com o ambiente. Na planta, o efeito do estresse é geralmente percebido como um decréscimo na fotossíntese líquida e crescimento e está associado com alterações no metabolismo do carbono e nitrogênio (YORDANOV et al., 2000).

Segundo Chaves et al. (2002) as respostas vegetais à escassez hídrica são complexas, envolvendo mudanças adaptativas e/ou efeitos deletérios. Essas respostas precisam ser investigadas para que se tenha uma gama de informações necessárias para produção em pequena ou larga escala da planta por inteiro ou de algum de seus órgãos.

A investigação das respostas vegetais a qualquer estímulo do ambiente, inclusive escassez hídrica, provocando estresse pela falta de água disponível, deve seguir métodos organizados e ter objetivos claros. Segundo Jones (2007), o método de condução de experimentos depende de forma crucial dos objetivos e da hipótese criada acerca do problema enfrentado pela cultura de interesse.

O estresse hídrico causa diferentes efeitos no vegetal dependendo da intensidade, da velocidade de imposição do estresse e do estágio de desenvolvimento da planta no momento em que o déficit hídrico ocorre (PIMENTEL, 2004).

Segundo Yordanov et al. (2000), os processos de desidratação em plantas tolerantes à seca evidenciam-se por mudanças nas relações hídricas, nos processos fisiológicos e bioquímicos, nas estruturas de membrana e estruturas de organelas celulares.

Como as respostas vegetais ao déficit hídrico são diferenciadas e ocorrem de maneira específica, qualquer espécie que tenha relevante interesse no meio científico e econômico, como o nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss), deve ser testada a fim de verificar seu processo de crescimento e as modificações fisiológicas em situações de déficit hídrico, resultando em informações necessárias para seu cultivo nos mais diferentes locais com as mais variadas condições ambientais.

Deste modo, esta pesquisa teve como objetivo avaliar aspectos de crescimento e avaliar as relações hídricas de plantas jovens de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) sob diferentes regimes hídricos.

REVISÃO DE LITERATURA

Considerações sobre a espécie

O nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) é uma planta pertencente à família Meliaceae, a mesma do mogno, da andiroba, cinamomo e cedro. É uma árvore nativa da Índia, de clima tropical, que foi introduzida no Brasil oficialmente em 1984 e é encontrada atualmente em todo o território nacional. O nim desenvolve-se bem em temperaturas acima de 20 °C, com precipitação pluviométrica anual entre 400 e 800 mm e altitudes superiores a 700 m. Apresenta rápido crescimento, atingindo alturas de 10 a 15 m e 2,5 m de circunferência do caule.

A produção de mudas de Nim nas regiões produtoras é efetuada preferencialmente através de sementes, que apresentam de 60 a 95% de viabilidade, oriundas de plantas previamente selecionadas, isentas de patógenos. Os métodos de enraizamento de estacas e o de cultura de tecidos são utilizados em menor escala (NEVES et al., 2003). Segundo (SOARES et al., sd), em uma cultura comercial, a produção de frutos ocorre após o segundo ano de campo, chegando, cada planta, a produzir mais de 25 kg depois do quinto ano de plantio.

O nim indiano produz madeira com alto poder calorífico (4.088,55 kcal/kg) e bom rendimento de carvão, o que permite indicar esta espécie para fins energéticos e produção de carvão de boa qualidade para fins siderúrgicos (ARAÚJO et al., 2000).

Sua importância econômica tem crescido bastante nos últimos anos em função da demanda pelo uso do seu extrato, seja obtido das folhas, da casca ou das sementes, no preparo de medicamentos e pesticidas. Atualmente, existem plantações regulares e sistemas agroflorestais no sudoeste asiático, Austrália, Porto Rico e Ilhas Virgens (PURI e SWAMY, 2001).

Desde o início das civilizações, as plantas medicinais têm importância no combate às doenças humanas. O nim indiano é bem conhecido na Índia e nos países vizinhos há mais de 2000 anos como uma das plantas medicinais mais versáteis por ter um amplo espectro de ação e atividade biológica (BISWAS et al., 2002). Praticamente toda a planta pode ser utilizada mas, especialmente, folhas, frutos e casca..

Muitos compostos biologicamente ativos podem ser extraídos das diferentes partes da árvore do nim, incluindo triterpenóides, compostos fenólicos, carotenóides, esteróides e cetonas. Através de diferentes processos podem ser extraídos cerca de 24 compostos com

atividades biológicas, porém apenas 4 desses compostos apresentam alta eficiência como pesticidas: azadiractina, salanina, melantriol e nimbina (SANTOS e ANDRADE, 2000).

A azadiractina pode tornar-se importante no controle de pragas, pois tem largo espectro de ação, não tem ação fitotóxica, é praticamente atóxico ao homem e não agride o meio ambiente (SOARES et al., sd).

Estresse hídrico

Atualmente, aproximadamente 70% da água potável disponível no mundo são utilizadas na agricultura e 40% dos alimentos são produzidas em solos irrigados. Nas décadas recentes, as bases moleculares e fisiológicas das respostas vegetais à seca têm sido o foco principal de pesquisas intensas (SADRAS e MILROY, 1996; YORDANOV et al., 2000; GRIFFITHS e PARRY, 2002; TYERMANN et al., 2002; LUU e MAUREL, 2005; JONES, 2007).

Todo e qualquer ser vivo depende da água direta ou indiretamente em alguma de suas fases do desenvolvimento. Com os vegetais, não é diferente. A água é importante desde a fase inicial de crescimento até na produção de carboidratos durante a fotossíntese. A falta de água disponível pode levar a situação em que o vegetal pode sofrer modificações em seu metabolismo e passar por um período de estresse. Mas o que é “estresse”?

Segundo Larcher (2006), estresse é um desvio das condições ótimas de desenvolvimento do vegetal, no qual podem ocorrer mudanças e respostas em parte do organismo ou nele como um todo. No início essas alterações podem ser reversíveis, mas, dependendo da duração e da situação de estresse, podem ser irreversíveis, levando a danos permanentes ou até à morte. Lichtenthaler (1998) foi mais além e dividiu as respostas ao estresse, criando duas classes distintas: “Eu-stress” e “dis-stress”. O “eu-stress” é o que estimula e ativa elementos positivos no vegetal, melhorando seu desenvolvimento, enquanto que o “dis-stress” é aquele que causa problemas e afeta negativamente o vegetal, causando danos ou levando à morte.

Dada à importância da água no desenvolvimento vegetal, o estresse hídrico, caracterizado pela diminuição da disponibilidade hídrica para a planta, tem alta relevância nas pesquisas relativas a espécies vegetais de interesse econômico.

Muitos são os fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento dos vegetais, mas falta de água e a salinidade dos solos são os dois principais (FLEXAS et al., 2006), por reduzirem a capacidade das plantas para absorver água do solo (MUNNS, 2002).

A disponibilidade hídrica é considerada um dos fatores de maior efeito sobre a produtividade agrícola, sendo o fator que rege a distribuição das espécies nas diferentes zonas climáticas do globo (PIMENTEL, 2004). Larcher (2006) considera que a seca é um estado ambiental em que a demanda de energia pela planta é maior que a produção, o que leva a problemas fisiológicos, seguidos por aclimatação e estratégias de adaptação nas gerações seguintes. Aí reside a importância de estudos que permitam compreender os efeitos do déficit hídrico sobre o desenvolvimento vegetal.

Efeitos do estresse hídrico no crescimento vegetal

As respostas dos vegetais à seca são caracterizadas por mudanças fundamentais na relação da célula com a água, nos processos fisiológicos, na estrutura de membranas, além de mudanças morfológicas e fenológicas (PIMENTEL, 2004).

Todos os aspectos de crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados pela deficiência hídrica nos tecidos, causada pela excessiva demanda evaporativa e/ou limitado suprimento de água. Como consequência da deficiência hídrica, verifica-se uma desidratação do protoplasto com consequente diminuição do volume celular e aumento na concentração de solutos. Aliado a isto, a diminuição da turgescência pode ser admitida como consequência do estresse hídrico, sendo o processo de crescimento, principalmente em extensão, o primeiro afetado (NOGUEIRA et al., 2005).

Como o estresse hídrico causado pela seca desenvolve-se de maneira gradual, há uma seqüência de eventos que ocorrem, sendo a primeira e a mais sensível resposta ao déficit hídrico a diminuição do processo de crescimento em consequência da redução da turgescência (LARCHER, 2006).

Expansão celular, síntese da parede celular e síntese protéica estão entre os processos mais sensíveis ao déficit hídrico, que leva a concluir que a redução da expansão foliar é uma das primeiras respostas a pouca água disponível, já que esse processo é dependente do crescimento celular (SADRAS e MILROY, 1996). As diferenças entre espécies com relação ao crescimento e sobrevivência sob déficit hídrico estão nas diferentes maneiras adotadas para aquisição e transporte de água que evitem mudanças drásticas no metabolismo vegetal naquele determinado momento do ciclo de vida da planta (CHAVES et al., 2002).

Benincasa (1988) ressalta que a análise de crescimento é de fundamental importância para o entendimento das reações do vegetal em consequência de fatores

ambientais. Por sua vez, Taiz e Zeiger (2002) apresentam a redução de área foliar como a primeira resposta a redução da disponibilidade hídrica, como consequência da diminuição do conteúdo de água da folha, contração das células e afrouxamento da parede celular. Como a pressão de turgor é a principal força que alavanca a expansão foliar, em situações de déficit hídrico as folhas não têm como manter normal a sua expansão. Após essa parada no crescimento da parte aérea, ocorre uma consequente diminuição na demanda de fotoassimilados, que podem ser alocados para a parte subterrânea, favorecendo o crescimento de raízes que se mantenham em locais mais úmidos.

Muitas adaptações para aumentar a tolerância à seca são detectadas nos diversos órgãos dos vegetais superiores. Nas folhas, ocorre a diminuição da emissão e redução da área foliar, redução no tamanho e número de estômatos, fechamento estomático e desenvolvimento do parênquima paliádico; no caule, ocorre a baixa resistência ao fluxo hídrico nos tecidos vasculares e; nas raízes, há um expressivo aumento no crescimento, alta razão raiz/parte aérea e alto potencial de regeneração das raízes após o transplântio (KOZLOWSKI e PALLARDY, 2002). Essas adaptações podem ser observadas com o acompanhamento de parâmetros de crescimento.

Puri e Swamy (2001) verificaram reduções significativas no crescimento de plantas jovens de nim indiano submetidas à rega a cada três semanas, durante 90 dias. Em comparação às plantas controle, regadas duas vezes por semana, as plantas estressadas tiveram reduções de 20% na altura e 35% no diâmetro do caule. Essas plantas também mostraram reduções significativas na produção de biomassa seca, da ordem de 32% tanto na parte aérea, como no sistema radicular.

Quando estudavam as consequências do estresse hídrico em plantas jovens de *Prosopis argentina* e *Prosopis alpataco*, Villagra e Cavagnaro (2006) verificaram reduções no crescimento das plantas estressadas das duas espécies. As plantas estressadas, que tinham disponível apenas 25% da água que o tratamento controle tinha, apresentaram reduções de 68% da biomassa total, em *P. argentina*, e 85% em *P. alpataco*. Também foram encontradas reduções na área foliar das duas espécies, sendo de 76% para *P. argentina* e de 88% para *P. alpataco*, mas não foram encontradas diferenças significativas na área foliar específica nem entre tratamentos hídricos e nem entre espécies.

Móseno e Dillenburg (2004) estudaram os efeitos da compactação do solo e deficiência hídrica em plantas jovens de pinheiro (*Araucaria angustifolia* [Bertol] Kuntze) e verificaram que as plantas não irrigadas obtiveram menor biomassa seca (30%, em média) em relação às irrigadas em todos os níveis de compactação do solo avaliados.

Avaliando o crescimento de *Melaleuca alternifolia*, Silva et al. (2002) verificaram reduções nas plantas estressadas (irrigação alternada de 0,5L de água por vaso) em relação às plantas controle (lâmina de 15 cm de água) em todos os parâmetros de crescimento avaliados, sendo eles, altura das plantas, diâmetro do caule, número de ramos, diâmetro da copa, matéria seca das folhas e total e ainda, área foliar. Mas, avaliando os tratamentos intermediários (irrigação diária de 1L de água e lâmina de 1 cm de água), os autores concluíram que apenas o estresse hídrico severo diminui o crescimento desta espécie.

Figuerôa et al., (2004) avaliaram o crescimento de plantas jovens de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) sob diferentes regimes hídricos, 25, 50 e 75% da capacidade de campo. Na altura e no número de folhas, já aos 30 dias de avaliação, foram observadas reduções significativas nas plantas com menor disponibilidade hídrica, acentuando-se essa redução aos 60 dias. Mas, em relação à matéria seca total, só foram observadas reduções significativas aos 60 dias de avaliação, quando as plantas estressadas (25% da capacidade de campo) acumularam 71% menos fitomassa que as plantas com 75% da capacidade de campo.

Avaliando o acúmulo de biomassa seca em plantas jovens de *Dalbergia sisso* sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica, Singh e Singh (2003) verificaram reduções gradativas na matéria seca total à medida que se reduzia a quantidade de água disponível no solo. Esta redução tem seu ápice quando comparados o tratamento controle com o tratamento sem rega, observando-se redução de 90% na matéria seca total ao final de 215 dias de avaliação.

Efeitos do estresse hídrico nas relações hídricas

Segundo Pimentel (2004), não há como saber se determinada espécie é tolerante ou não à seca buscando essa resposta em apenas uma única variável. Há de se fazer um estudo mais completo, no qual sejam analisados vários parâmetros que levem a uma conclusão mais definitiva. Aliada à análise de crescimento, existem outras variáveis que levam a uma visão mais completa do quadro do estresse no vegetal.

Larcher (2006) afirma que uma planta torna-se mais viável em situações de déficit hídrico quando a manutenção de altos valores de potencial hídrico do protoplasma é possível, evitando assim a dessecação, e quando maior for a capacidade do protoplasma tolerar a dessecação, sem apresentar injúrias.

A avaliação do potencial hídrico torna-se interessante porque é uma medida fácil de ser obtida através de uma câmara de pressão (SCHOLANDER et al., 1965) e, porque, segundo Améglio et al. (1999), a medida do potencial hídrico foliar pré-dawn pode ser utilizada como estimativa do potencial hídrico do solo. Isto é possível porque, antes do amanhecer, considera-se que o vegetal não está transpirando e, portanto, há um equilíbrio entre os potenciais da água da folha e do solo. Além do mais, esse tipo de medida evita as diferenças ambientais que ocorrem durante o dia e torna mais real a comparação de tratamentos em um mesmo experimento.

Liberato et al. (2006) verificou reduções no potencial hídrico de até 70% em plantas de acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl.) estressadas (sem irrigação) comparadas com plantas irrigadas diariamente. Estes autores também observaram que após uma reirrigação, as plantas estressadas recuperaram o potencial hídrico e se igualaram às plantas controle seis dias após a rega. Os autores concluíram que esta espécie tem significativa plasticidade fisiológica que permitiu a recuperação sem que o estresse tenha causado danos irreversíveis às plantas.

Aliada à medição do potencial hídrico foliar, o teor relativo de água (TRA) é outra variável indicadora de estresse que pode ser facilmente mensurada. Muitas vezes, o TRA é considerado um melhor indicador da intensidade do estresse pela seca que o potencial hídrico (PIMENTEL, 2004). Cairo (1995) define o TRA como sendo a quantidade de água de um tecido comparada com a máxima quantidade de água que ele poderá reter, em um dado momento. Este mesmo autor considera que para que se tenha uma avaliação mais confiável do status hídrico de um vegetal, tanto o TRA como o potencial hídrico são considerados essenciais e indispensáveis.

Lopes et al. (2005) verificaram que plantas de *Eucalyptus grandis* cultivadas sob diferentes lâminas de irrigação tinham alterado seu teor relativo de água. O tratamento de estresse hídrico mais severo, com lâmina de 8 mm.dia⁻¹, reduziu o teor relativo de água, em média 28% em relação ao tratamento controle, que tinha uma lâmina de irrigação de 14 mm.dia⁻¹. No entanto, Ferreira et al. (1999) não observaram variação nos teores relativos de água quando avaliaram plantas jovens de *Eucalyptus citriodora* sob diferentes regimes hídricos.

Quando a disponibilidade hídrica é menor, o potencial da água no solo diminui. A planta continua a absorver água enquanto seu potencial hídrico for menor que o potencial hídrico do solo. Quando a absorção de água não é mais possível, algumas plantas realizam o ajustamento osmótico, para voltar a absorver água. Taiz e Zeiger (2004) definem ajustamento

osmótico como sendo aumento líquido no conteúdo de soluto por célula e independe das mudanças de volume resultantes da perda de água.

Segundo Nogueira et al. (2005), as substâncias acumuladas por ocasião do ajustamento osmótico podem ser açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons inorgânicos (principalmente K^+). Entretanto, o acúmulo de íons inorgânicos é feito, preferencialmente, no vacúolo celular, enquanto que o de substâncias orgânicas ocorre no citoplasma, mantendo o equilíbrio hídrico.

O tipo de substâncias utilizadas no ajustamento osmótico depende da espécie e variedade. Entretanto, o grau de ajustamento depende da velocidade em que o déficit hídrico é aplicado, sendo cada vez maior o ajustamento quando o estresse é aplicado de maneira gradativa (KOZLOWSKI e PALLARDY, 2002).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÉGLIO, T.; ARCHER, P.; COHEN, M.; VALANCOGNE, C.; DAUDET, F.; DAYAU, S.; CRUIZIAT, P. Significance and limits in the use of predawn leaf water potential for tree irrigation. **Plant and Soil**, n. 207, p. 155-167. 1999.

ARAÚJO, L. V. C.; RODRIGUEZ, L. C. E.; PAES, J. B. Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano. **Scientia forestalis**, n. 57, p. 153-159. 2000.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. 1ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

BISWAS, K.; CHATTOPADHYAY, I.; BANERJEE, R. K.; BANDYOPADHYAY, U. Biological activities and medicinal properties of neem (*Azadirachta indica*). **Current Science**, v. 82, n. 11, p. 1336-1345. 2002.

CAIRO, P. A. R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. 32 p.

CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M. L.; RICARDO, C. P. P.; OSÓRIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, p. 907-916. 2002.

FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, L. R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook, em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos, **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 95-104. 1999.

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

FLEXAS, J.; BOTA, J.; GALMÉS, J.; MEDRANO, H.; RIBAS-CARBO, M. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, v. 127, p. 343-352. 2006.

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

JONES, H. G. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 119-130. 2007.

KOZLOWSKI, T. T. e PALLARDY, S. G. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. **The Botanical Review**, v. 68, n. 2, p. 270-334. 2002.

KULKARNI, A. R.; SOPPIMATH, K. S.; AMINABHAVI, T. M. Solubility study of *Azadirachta indica* A. Juss. (Neem) seed oil in the presence of cosolvent/nonionic surfactant at 298.15, 303.15, 308.15, and 313.15 K. **Journal of Chemistry Engineering Data**, v. 44, p. 836-838. 1999.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LIBERATO, M. A. R.; GONÇALVES, J. F. C.; CHEVREUIL, L. R.; NINA JÚNIOR, A. R.; FERNANDES, A. V.; SANTOS JÚNIOR, U. M. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 2, p. 315-323. 2006.

LICHTENTHALER, H. K. The stress concept in plants: An introduction. **Annals of New York Academy of Sciences**, v. 851, p. 187-198. 1998.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 97-106. 2005.

LUU, D. T.; MAUREL, C. Aquaporins in a challenging environment: molecular gears for adjusting plant water status. **Plant, Cell and Environment**, v. 28, p. 85-96. 2005.

MÓSENA, M. e DILLENBURG, L. R. Early growth of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia* [Bertol.] Kuntze) in response to soil compaction and drought. **Plant and Soil**, v. 258, p. 293-306. 2004.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p.239-250, 2002.

NEVES, E. J. M. Importância dos fatores edafo-climáticos para o uso do nim (*Azadirachta indica* A. Juss) em programas florestais e agroflorestais nas diferentes regiões do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 49, p. 99-107. 2004.

NEVES, B. P.; OLIVEIRA, I. P.; NOGUEIRA, J. C. M. **Cultivo e utilização do nim indiano**. Circular técnica n. 62, Embrapa. 2003. 12 p.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, p.22-31, 2005.

OKEMO, P. O.; MWATHA, W. E.; CHHABRA, S. C.; FABRY, W. The kill kinetics of *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) extracts on *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans*. **African Journal of Science and Technology**, v. 2, n. 2, p. 113-118. 2001.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: Edur. 2004. 191 p.

PURI, S.; SWAMY, S. L. Growth and biomass production in *Azadirachta indica* seedlings in response to nutrients (N and P) and moisture stress. **Agroforestry Systems**. n. 51, p. 57-68. 2001.

ROOP, J. K.; DHALIWAL, P. K.; GURAYA, S. S. Extracts of *Azadirachta indica* and *Melia azedarach* seeds inhibit folliculogenesis in albino rats. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, p. 943-947. 2005.

SADRAS, V. O.; MILROY, S. P. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: A review. **Field Crops Research**, v. 47, p. 253-266. 1996.

SANTOS, L. U. e ANDRADE, C. F. S. *Azadirachta indica* – **A árvore do nim e o controle de piolhos**. Disponível em: <http://www.piolho.org.br/artigos/arvoredonim.pdf>. Acessado em 25 de setembro de 2007.

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v. 148, p. 339-346, 1965.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de

crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368. 2002.

SINGH, B. & SINGH, G. Biomass partitioning and gas exchange in *Dalbergia sissoo* seedlings under water stress. **Photosynthetica**, v.41, n.3, p. 407-414, 2003.

SOARES, F. P.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; OLIVEIRA, L. M.; PAIVA, P. D. O.; SILVA, D. R. G. **Cultivo e usos do nim (*Azadirachta indica* A. Juss)**. Boletim agropecuário da UFLA, n. 68, p. 1-14. Sem data.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora. 2004. 719p.

TYERMANN, S. D.; NIEMIETZ, C. M.; BRAMLEY, H. Plant aquaporins: multifunctional water and solute channels with expanding roles. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 173-194. 2002.

VILLAGRA, P. E. e CAVAGNARO, J. B. Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco*. **Journal of Arid Environments**, v. 64, p. 390-400. 2006.

WEWETZER, A. Callus cultures of *Azadirachta indica* and their potential for the production of Azadirachtin. **Phytoparasitica**, v. 26, n. 1, p. 47-52. 1998.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. **Photosynthetica**, v. 38, n. 1, p. 171-186. 2000.

PARTE 2



Capítulo 1*

Crescimento de plantas jovens de nim indiano sob déficit hídrico em casa de vegetação

**Manuscrito a ser enviado à Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*

Crescimento de plantas jovens de nim indiano sob déficit hídrico

Marcio de Oliveira Martins⁽¹⁾, Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira⁽¹⁾, André Dias de Azevedo Neto⁽²⁾ e Mauro Guida dos Santos⁽³⁾.

⁽¹⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, CEP 52171-900 Recife, PE. E-mail: momartins@yahoo.com.br, rjmansur@terra.com.br ⁽²⁾Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA. E-mail: azevedo_net@yahoo.com.br ⁽³⁾Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Botânica, CEP , Recife, PE. mauroguida@yahoo.com.br

Resumo – O objetivo foi avaliar o crescimento de plantas jovens de nim indiano sob déficit hídrico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos (100, 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote, suspensão de rega e reirrigado). Avaliou-se semanalmente altura, número de folhas e diâmetro do caule. Ao final do experimento, as plantas tiveram seus órgãos separados e levados à estufa para obtenção da matéria seca das folhas, caule, raízes e total, e ainda, alocação de biomassa das folhas, caule e raízes. Também foram calculadas a área foliar, a razão de área foliar e a área foliar específica. O déficit hídrico reduziu a altura, número de folhas e diâmetro do caule das plantas dos tratamentos mais severos. Os efeitos do estresse também foram observados na redução da matéria seca das folhas, caule, raízes e total e na alocação de biomassa para as folhas. A área foliar também apresentou reduções, mas a razão de área foliar e a área foliar específica não diferiram entre os tratamentos. As plantas reirrigadas mostraram recuperação, principalmente evidenciada, pela emissão de novas folhas. Deste modo, sugere-se que o nim pode ser cultivado, na fase inicial de desenvolvimento, com 80% da capacidade de pote.

Termos para indexação: *Azadirachta indica*, estresse hídrico, matéria seca, alocação de biomassa.

Growth of the neem seedlings under water deficit

Abstract – The work was performed aiming to evaluate the effect of water deficit on the growth of neem seedlings. The experimental design was entirely randomized, with seven treatments (100, 80, 60, 40 and 20% of field capacity, without water and re-watering). The height, number of leaves and stem diameter were analyzed weekly. At the end of the experiment, dry matter of the leaves, shoots, roots, root to shoot ratio and biomass allocation in leaf, stem and roots were determined. Leaf area, leaf area ratio and specific leaf area were also calculated. Water stress reduced the height, number of leaves and shoot diameter in the plants of the several treatments. Water stress reduced leaf, stem and root dry matter. Only the biomass allocation to leaves was reduced. Leaf area was also reduced; however, there were not significant differences for leaf area ratio and specific leaf area. The recovery of the re-watering plants was evident by emitting new leaves. The results suggest that neem seedlings can be cultivated, in the initial phase of development, under 80% of field capacity, with maximum production.

Index terms: *Azadirachta indica*, water stress, dry matter, biomass allocation.

Introdução

Atualmente, cerca de 70% da água potável disponível no mundo é utilizada na agricultura e 40% dos alimentos são produzidas em solos irrigados. Nas décadas recentes, as bases moleculares e fisiológicas das respostas vegetais à seca têm sido o foco principal de estudos intensos realizados por diversos pesquisadores (Sadras & Milroy, 1996; Yordanov et al., 2000; Griffiths & Parry, 2002; Tyermann et al., 2002; Luu & Maurel, 2005; Jones, 2007). A disponibilidade hídrica é considerada um dos fatores de maior efeito sobre a produtividade agrícola, sendo o fator que rege a distribuição das espécies nas diferentes zonas climáticas do globo (Pimentel, 2004).

Todos os aspectos de crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados pela deficiência hídrica nos tecidos, causada pela excessiva demanda evaporativa ou limitado suprimento de água. Como consequência da deficiência hídrica, verifica-se uma desidratação do protoplasto com consequente diminuição do volume celular e aumento na concentração de solutos. Aliado a isto, a diminuição da turgescência pode ser admitida como consequência do estresse hídrico, e o processo de crescimento, principalmente em extensão, é o primeiro afetado (Nogueira et al., 2005).

Benincasa (1988) afirma que a análise de crescimento é de fundamental importância para o entendimento das reações do vegetal em consequência de fatores ambientais. Expansão celular, síntese da parede celular e síntese protéica nos tecidos de crescimento estão entre os processos mais sensíveis ao déficit hídrico, do que se pode concluir que a redução da expansão foliar é uma das primeiras respostas a pouca água disponível (Sadras & Milroy, 1996).

O interesse pelo nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss), árvore nativa do sul asiático, tem crescido pelas diversas características interessantes do seu extrato bruto ou do seu óleo vegetal, que podem ser extraídos das folhas, caules e sementes. Essas características,

que vão desde o combate às pragas agrícolas até o uso medicinal e na indústria cosmética, têm atraído a atenção de pesquisadores em todo o mundo, o que pode ser confirmado pelo número crescente de trabalhos publicados com esta espécie (Wewetzer, 1998; Kulkarni et al., 1999; Araújo et al., 2000; Okemo et al., 2001; Roop et al., 2005).

Diante disto, este trabalho teve por objetivo estudar o crescimento de plantas jovens de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) quando submetidas a diferentes regimes hídricos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal da UFRPE, entre abril e junho de 2007, com período experimental de 60 dias durante o qual a temperatura mínima e máxima foram de 27,2 e 35,6°C, a umidade relativa do ar variou entre 39,6 e 76,6% e o déficit de pressão de vapor mínimo e máximo foram de 0,685 e 3,487 KPa, respectivamente.

As mudas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) foram cedidas pela Estação Experimental de Itapirema (IPA) – Goiana/PE, onde foram propagadas sexualmente, com sementes obtidas de uma matriz da mesma instituição. As mudas com um mês de idade apresentavam em média 10 cm de altura e cinco folhas. As plântulas desenvolveram-se em sacos de polietileno com capacidade para 2 kg, tendo como substrato uma mistura de terriço vegetal, argila e matéria orgânica numa proporção de 2:1:1 v/v. As mudas selecionadas para este experimento foram transplantadas com a raiz nua para vasos preenchidos até 5,5 kg com solo (classificado como franco-arenoso) obtido do campus de Dois Irmãos da UFRPE.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos hídricos: 100 (controle), 80, 60, 40, 20% da capacidade de pote e Suspensão de rega (SR), com oito repetições cada, totalizando 48 plantas. Aos 30 dias de experimentação, três

repetições do tratamento SR foram irrigadas até atingir 100% da capacidade de pote e não receberam água durante o restante do experimento. Essas plantas formaram o tratamento Reirrigado (R).

Durante 20 dias de aclimação, as plantas foram mantidas na capacidade de pote, previamente estabelecida pelo método gravimétrico, segundo Souza et al. (2000).

A aplicação dos tratamentos às plantas foi realizada com a pesagem diária de cada vaso, onde era adicionada água até atingir o peso correspondente a cada tratamento. A avaliação de crescimento foi realizada semanalmente, aferindo-se altura das plantas (AP) com o auxílio de uma trena (cm), o diâmetro do caule (DC) utilizando um paquímetro da marca Vernier Calipers (cm) e número de folhas (NF) através de simples contagem.

Ao final do experimento, as plantas foram subdivididas em folhas, caules e raízes, pesadas e acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 65°C. Após secagem desse material, foram obtidos os pesos da matéria seca e calculadas as alocações de biomassa de folhas (ABF), caule (ABC) e raízes (ABR). Ainda com esses dados, foi calculada a razão raiz/parte aérea (R/Pa).

A área foliar foi medida ao fim do experimento. Na ocasião do desmonte, eram retiradas todas as folhas de cada repetição e pesadas, obtendo-se o peso da matéria fresca. Logo após, de cada folha foram retirados três segmentos medindo 1 cm² cada, pesados em balança analítica e calculada a média dos três segmentos. Desta forma, a área foliar total era obtida por regra de três simples (Mielke et al., 1995). De posse destes dados e da matéria seca, foram calculadas a razão de área foliar (RAF) e a área foliar específica (AFE), segundo Benincasa (1988).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o software STATISTICA 6.0. Os dados do número de folhas foram transformados em $\sqrt{X + 0,5}$ (ZAR, 1999) e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade. No

caso da área foliar, razão de área foliar e área foliar específica, os dados não mostraram distribuição normal. Para verificar diferenças nessas variáveis, foram utilizados testes não-paramétricos, Kruskal-Wallis e teste de comparação de medianas (*Median test*).

Resultados e discussão

Altura, número de folhas e diâmetro do caule

Ao final do experimento, foram verificadas diferenças significativas na altura das plantas, número de folhas e diâmetro do caule entre os diferentes tratamentos hídricos aplicados.

Os tratamentos controle e 80% da CP foram os que apresentam maiores valores de altura em relação aos outros tratamentos. Comparados ao controle, os demais tratamentos mostraram reduções significativas, sendo de 27,2%, 39,9% e 57,6% nas plantas submetidas, respectivamente, a 60, 40 e 20% da CP e de 58,9% nas plantas do tratamento SR. A reirrigação aplicada aos 30 dias após a diferenciação dos tratamentos (DAD) foi suficiente para que plantas, até então sem qualquer irrigação, apresentassem uma redução de 37,7% em relação ao controle, similar à redução da altura das plantas mantidas com 40% da CP (Tabela 1).

Com relação ao número de folhas, diferenças significativas foram observadas a partir do 21º DAD. Ao fim do período experimental, apenas as plantas submetidas à 20% da CP e SR apresentaram valores menores que os demais tratamentos hídricos, apresentando reduções de 36,9% e 33,6%, respectivamente, quando comparadas às plantas controle. As plantas do tratamento R mostraram pequena recuperação na emissão de folhas novas, mas ainda insuficiente para apresentar valores mais elevados que as plantas do tratamento SR, tendo uma redução de 29,4% em relação ao tratamento controle (Tabela 2).

O diâmetro do caule variou em função dos tratamentos. As plantas do tratamento controle e com 80% da CP foram as que apresentaram valores mais elevados do diâmetro do caule, seguidos pelas plantas dos tratamentos 60 e 40% da CP, com valores intermediários e por último, aquelas dos tratamentos 20% da CP e SR. Em relação ao tratamento controle, foram verificadas reduções de 16,1%, 18,2%, 38,7% e 44,6% para as plantas dos tratamentos 60%, 40%, 20% da CP e SR, respectivamente. As plantas do tratamento R mostraram pequena recuperação ao final do experimento, quando apresentaram valores que diferiram apenas daqueles registrados em plantas mantidas com 100 e 80% da CP, mas ainda apresentando redução de 31,3% em relação ao controle (Tabela 3).

Tabela 1. Altura (cm) de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) sob diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) cultivadas em casa de vegetação.

Tratamentos	Dias após diferenciação dos tratamentos (DAD)				
	1	7	14	21	28
100 % da CP	12,33 a	14,66 ab	19,50 ab	21,91 ab	28,16 a
80 % da CP	12,58 a	15,91 a	21,08 a	26,83 a	32,08 a
60 % da CP	09,83 a	11,41 b	14,83 b	17,50 b	20,83 b
40 % da CP	10,00 a	12,66 ab	16,75 ab	19,00 b	21,25 b
20 % da CP	10,00 a	12,75 ab	17,00 ab	18,83 b	18,83 b
Suspensão de rega	10,20 a	13,40 ab	17,50 ab	18,60 b	19,00 b
Tratamentos	Dias após diferenciação dos tratamentos (DAD)				
	35	42	49	56	60
100 % da CP	31,33 ab	34,25 ab	35,83 ab	36,66 ab	37,50 ab
80 % da CP	34,66 a	40,58 a	43,33 a	44,41 a	45,50 a
60 % da CP	24,41 bc	27,66 bc	30,41 bc	31,75 bc	33,08 bc
40 % da CP	23,25 bc	24,75 cd	27,00 cd	27,16 cd	27,33 cd
20 % da CP	19,00 c	19,16 d	19,08 d	19,16 d	19,25 d
Suspensão de rega	18,60 c	18,80 d	18,70 d	18,70 d	18,70 d
Reirrigado	17,33 c	18,33 d	21,66 cd	22,50 cd	23,33 cd

Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos em cada avaliação pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 2. Número de folhas (dados não-transformados) de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) sob diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) cultivadas em casa de vegetação.

Tratamentos	Dias após diferenciação dos tratamentos (DAD)				
	1	7	14	21	28
100 % da CP	6,50 a	8,50 ab	10,50 a	12,33 a	14,16 ab
80 % da CP	6,83 a	8,66 a	10,00 a	12,00 ab	14,83 a
60 % da CP	5,83 a	6,66 b	9,00 a	10,33 ab	11,66 bcd
40 % da CP	6,00 a	8,16 ab	10,17 a	11,50 ab	13,00 abc
20 % da CP	5,66 a	7,00 ab	8,67 a	10,33 ab	10,66 cd
Suspensão de rega	6,00 a	7,40 ab	9,40 a	10,00 b	10,40 d
Tratamentos	Dias após diferenciação dos tratamentos (DAD)				
	35	42	49	56	60
100 % da CP	16,00 ab	17,83 a	19,00 a	20,00 a	21,00 a
80 % da CP	16,33 a	18,33 a	19,66 a	20,30 a	21,00 a
60 % da CP	13,00 bc	15,66 a	16,83 a	17,60 a	18,50 a
40 % da CP	14,00 ab	16,00 a	16,66 a	17,50 a	18,30 a
20 % da CP	10,50 cd	10,83 b	9,83 b	9,00 b	8,16 c
Suspensão de rega	10,20 cd	10,40 b	10,20 b	9,60 b	9,00 bc
Reirrigado	8,33 d	9,00 b	11,33 b	12,00 b	12,66 b

Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos em cada avaliação pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 3. Diâmetro do caule (cm) de plantas de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) indiano sob diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) cultivadas em casa de vegetação.

Tratamentos	Dias após diferenciação dos tratamentos (DAD)				
	1	7	14	21	28
100 % da CP	0,236 a	0,293 a	0,317 a	0,347 a	0,403 a
80 % da CP	0,242 a	0,281 a	0,317 a	0,348 a	0,398 ab
60 % da CP	0,214 a	0,263 a	0,284 a	0,297 b	0,347 bc
40 % da CP	0,208 a	0,254 a	0,280 a	0,294 b	0,332 cd
20 % da CP	0,211 a	0,263 a	0,285 a	0,280 b	0,296 cd
Suspensão de rega	0,226 a	0,268 a	0,295 a	0,287 b	0,291 d
Tratamentos	Dias após diferenciação dos tratamentos (DAD)				
	35	42	49	56	60
100 % da CP	0,428 a	0,451 a	0,498 a	0,484 a	0,488 a
80 % da CP	0,424 a	0,449 a	0,480 a	0,507 a	0,516 a
60 % da CP	0,355 b	0,381 b	0,404 b	0,407 b	0,409 b
40 % da CP	0,356 b	0,376 b	0,398 b	0,399 b	0,399 b
20 % da CP	0,290 c	0,299 c	0,316 c	0,307 c	0,299 c
Suspensão de rega	0,290 c	0,294 c	0,281 c	0,275 c	0,270 c
Reirrigado	0,314 cd	0,339 bc	0,336 bc	0,336 bc	0,335 bc

Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos em cada avaliação pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Nas variáveis de crescimento analisadas ao longo do tempo (altura, número de folhas e diâmetro do caule), nota-se que o estresse aplicado foi suficiente para reduzir os valores destas variáveis referentes às plantas dos tratamentos mais severos em relação ao controle. Este mesmo resultado foi encontrado por diversos autores, trabalhando com outras espécies arbóreas.

Villagra & Cavagnaro (2006), estudando duas espécies do gênero *Prosopis* (*P. argentina* e *P. alpataco*), observaram que a altura das plantas submetidas a déficit hídrico diminuiu significativamente a partir de 40 dias de aplicação dos tratamentos (Controle – 1L de água diariamente; e Estresse – 250mL de água por dia). Resultados semelhantes foram encontrados por Figueirôa et al. (2004) ao trabalhar com plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão, submetidas a diferentes tratamentos hídricos. Estes autores verificaram reduções na altura das plantas estressadas, da ordem de 50% nas plantas do tratamento com 25% da capacidade de campo, aos 30 dias, e 22% nas plantas submetidas a 50% da capacidade de campo avaliadas aos 60 dias. Os mesmos autores encontraram reduções significativas também no número de folhas do tratamento mais severo, aos 30 e 60 dias.

A queda do número de folhas é considerada, por Taiz & Zeiger (2004), uma reação comum das plantas em situações de déficit hídrico, quando a abscisão foliar é estimulada pela síntese acentuada e maior sensibilidade ao etileno.

A altura de plantas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze também sofreu drástica redução a partir da suspensão da irrigação, mostrando diferença significativa já a partir de 35 dias (Mósená & Dillenburg, 2004). Silva et al. (2002) encontraram reduções na altura das plantas, diâmetro do caule e da copa de plantas de *Melaleuca alternifolia* Cheel sob déficit hídrico de aproximadamente 100 dias.

Após deixar clones de eucaliptos sem irrigação, Reis et al. (2006) observaram reduções no diâmetro do caule (12,5%, no máximo, respectivamente) em todos os clones avaliados em relação a plantas que estavam sendo irrigadas diariamente.

Na presente pesquisa, após a reposição aos 30 DAD, as plantas do tratamento R mostraram recuperação no seu crescimento. Daudet et al. (2005) verificaram essa mesma resposta ao estudar o comportamento do diâmetro do caule de plantas de *Juglans nigra*, árvore nativa da França, submetidas à suspensão da irrigação por 10 dias e reirrigadas. Após a interrupção do estresse hídrico, estas plantas mostraram grande recuperação no crescimento do diâmetro do caule.

Matéria seca das folhas, caule e raízes

O estresse hídrico aplicado provocou reduções significativas na acumulação ou produção de matéria seca de todas as partes da planta, mas o efeito foi mais evidente na matéria seca das folhas (MSF).

A MSF das plantas do tratamento controle e do tratamento 80% da CP foram as que tiveram melhor resultado, com média de 3,492 e 2,827g em média, respectivamente. Os tratamentos 60%, 40%, 20% da CP e SR tiveram valores de 2,115, 1,478, 0,502 e 0,784g, respectivamente. Destes, apenas as plantas dos tratamentos 20% da CP e SR não mostraram diferenças significativas. As plantas do tratamento R mostraram recuperação após a reirrigação, obtendo média de 1,307g ao final do experimento, se igualando estatisticamente ao tratamento 40% da CP (Figura 1).

Com relação à matéria seca do caule (MSC), as plantas do tratamento 80% da CP foram as que mostraram maiores valores, com valor médio de 1,963g. As plantas do tratamento controle ficaram estatisticamente abaixo destas, com média de 1,447g, e superiores às plantas dos outros tratamentos, que não mostraram diferenças significativas entre si. As

médias encontradas para os tratamentos restantes foram 0,842, 0,852, 0,485, 0,448 e 0,497g para 60%, 40%, 20% da CP, SR e R, respectivamente (Figura 1).

Já na matéria seca da raiz (MSR), os maiores valores foram 3,107 e 3,397g nas plantas dos tratamentos controle e 80% da CP, respectivamente. As plantas dos tratamentos 60 e 40% da CP tiveram comportamento intermediário, com médias de 1,980 e 2,272g, respectivamente, ficando estatisticamente diferentes apenas das plantas dos tratamentos SR e R. As plantas com menores médias de MSR foram as de 20% da CP, SR e R, com valores de 0,897, 0,650 e 0,637g, respectivamente (Figura 1).

Avaliando a matéria seca total (MST), nota-se que os maiores valores foram encontrados nas plantas dos tratamentos controle e 80% da CP, com respectivas médias de 7,380 e 8,851g. As plantas dos tratamentos 60 e 40% da CP ficaram com valores intermediários de 4,936 e 4,601g. As menores médias foram 1,883 e 1,882g para as plantas dos tratamentos 20% da CP e SR, respectivamente. As plantas reirrigadas mostraram recuperação, assemelhando-se estatisticamente ao tratamento 20% da CP, com média de 2,440g (Figura 1).

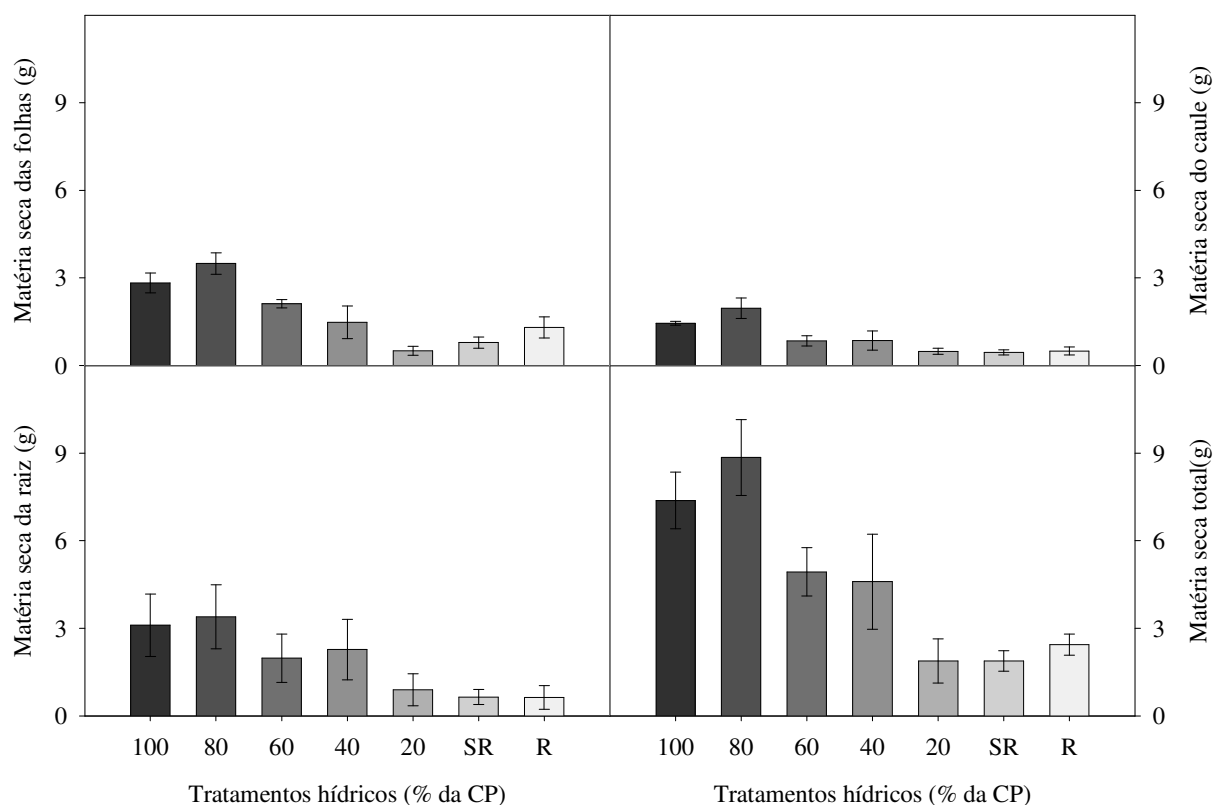


Figura 1. Matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR) e total (MST) de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes tratamentos hídricos cultivadas em casa de vegetação. Linhas verticais indicam desvio-padrão.

Villagra e Cavagnaro (2006) encontraram reduções na biomassa de todos os órgãos e total de plantas jovens de *P. argentina* e *P. alpataco* submetidas a déficit hídrico por 96 dias. Semelhante a este resultado, Figueirôa et al., (2004) observaram reduções significativas nos tratamentos 50 e 25% da capacidade de campo em relação à biomassa das folhas, caule, raízes e total em plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão apenas aos 60 dias, não tendo encontrado diferenças significativas aos 30 dias de aplicação dos tratamentos.

Estudando os efeitos do estresse hídrico em plantas jovens de *Dalbergia sissoo* Roxb., Singh e Singh (2003) verificaram diferenças significativas na biomassa seca das

folhas, caule, raízes e total em todos os tratamentos hídricos, havendo uma crescente redução de acordo com a severidade do estresse aplicado.

Como o estresse hídrico causado pela seca se desenvolve de maneira gradual, há uma seqüência de eventos que ocorrem, sendo a primeira e a mais sensível resposta ao déficit hídrico a diminuição do processo de crescimento em consequência da redução da turgescência (Larcher, 2006). Deste modo, justificam-se as reduções na MSF, MSC, MSR e MST na medida em que o estresse hídrico se torna mais severo.

Alocação de biomassa das folhas, caule e raízes e razão raiz/parte aérea

Nos tratamentos controle, 80% e 60% da CP, a biomassa das folhas ao final do experimento foi a mais alta, sendo de 38,9, 40,1 e 43,7%, respectivamente. Os tratamentos com 40 e 20% da CP foram os que tiveram as plantas que menos alocaram biomassa para as folhas, com valores médios de 32,7 e 27,7%, respectivamente. As plantas cultivadas no tratamento SR tiveram comportamento semelhante as controle, com média de 41,7% de biomassa nas folhas. Com relação ao caule, as plantas dos tratamentos controle, 80, 60 e 40% da CP tiveram as menores médias, com 19,8, 22,1, 17,3 e 18,5% de alocação de biomassa do caule (ABC), respectivamente. O maior resultado foram das plantas do tratamento 20% da CP, que alocou 27,7% de sua massa total para o caule. As plantas do tratamento SR tiveram média de 24,1% de biomassa no caule, sendo estatisticamente semelhantes às outras. Na raiz, não houve diferença estatística entre os tratamentos aplicados, exceto o R, no qual as plantas apresentaram reduções entre 41,2% (controle) e 34% (SR). As plantas reirrigadas elevaram a emissão de novas folhas após a reposição de água no solo, mostrando aumento na ABF (53,5%), manutenção da ABC (20,3%) e queda na ABR (26%) (Figura 2).

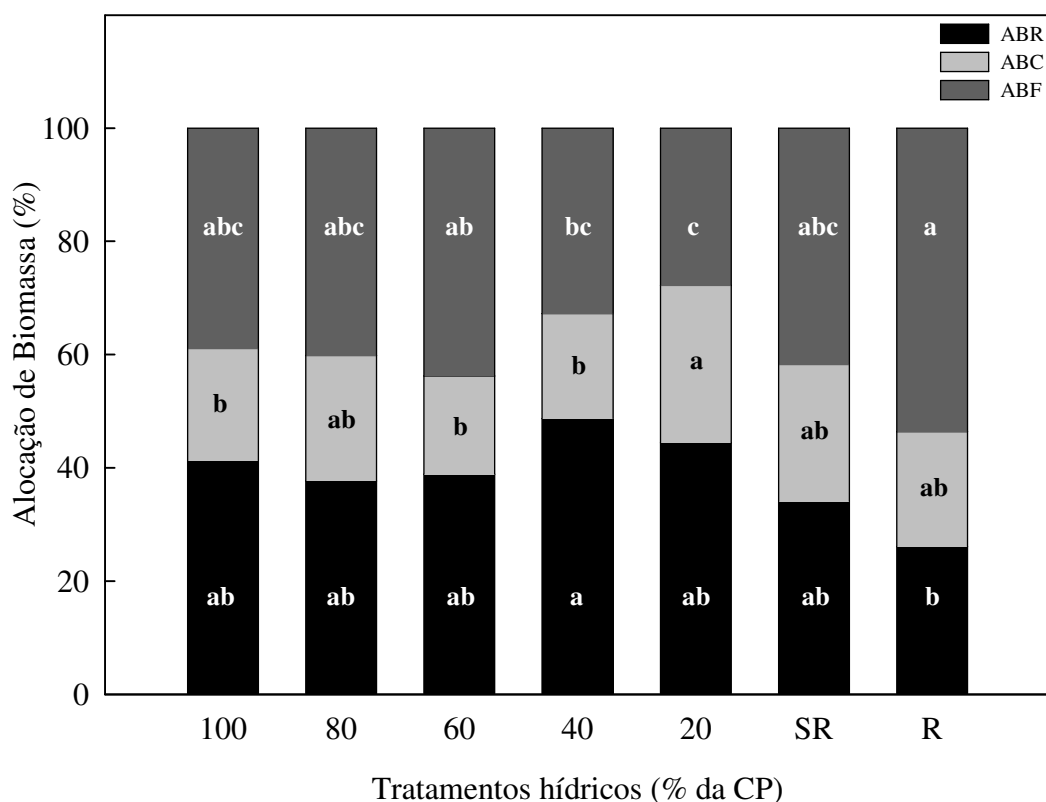


Figura 2. Alocação de biomassa das folhas (ABF), caule (ABC) e raízes (ABR) de plantas de nim indiano submetidas a diferentes regimes hídricos. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A alocação de biomassa é um dos parâmetros mais utilizados para se avaliar o estresse hídrico em vegetais. Neste estudo, notamos facilmente que o estresse evidenciou-se em uma menor ABF à medida que a disponibilidade hídrica foi menor, exceto nas plantas do tratamento SR, onde não houve qualquer comportamento diferenciado. Avaliando os dados de alocação de biomassa em conjunto com os de crescimento, percebe-se que as plantas do tratamento SR pararam de crescer porque tiveram seu processo fotossintético paralisado pela falta de água e, com isso, não tiveram como diferenciar a alocação de fotoassimilados, chegando ao final do experimento com comportamento similar ao das plantas controle. As plantas dos tratamentos 40 e 20% da CP que tinham pouca água disponível revelaram uma tendência de alocar mais fotoassimilados para as raízes, como tentativa de manutenção da

absorção de água. Após a reirrigação, os dados de crescimento mostram que as plantas do tratamento R promoveram a emissão de novas folhas como forma de recuperação. Desta forma, podemos inferir que as plantas investiram na produção dos órgãos fotossintetizantes, que aproveitariam o momento de alta disponibilidade hídrica para produzir o máximo de fotoassimilados.

Singh & Singh (2003), aplicando diferentes regimes hídricos em mudas de *Dalbergia sissoo* Roxb., verificaram que houve um aumento na alocação de biomassa para a raiz à medida que o estresse era mais severo com conseqüente diminuição da matéria seca das folhas. Resultados semelhantes foram encontrados por Villagra & Cavagnaro (2006), quando verificaram maior ABR em duas espécies de *Prosopis sp.* submetidas à suspensão de irrigação.

Como reflexo da ABR, quando não houve diferença entre os tratamentos hídricos, exceto nas plantas reirrigadas, não foram verificadas diferenças na razão raiz/parte aérea em nenhum dos tratamentos hídricos aplicados. Contudo, observa-se que houve uma forte tendência das plantas do tratamento 40% da CP em aumentar essa razão. Após a reirrigação, as plantas do tratamento R mostraram menor crescimento da raiz frente à emissão de novas folhas, havendo uma redução na razão raiz/parte aérea de 44,7% em relação ao controle, mas caracterizando-se apenas como uma tendência, por não haver diferença estatística entre os dois valores encontrados (Tabela 4).

Tabela 4. Razão raiz/parte aérea (R/Pa) de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) cultivadas em casa de vegetação.

Tratamentos	R/Pa
100% da CP	0,739 a
80% da CP	0,627 a
60% da CP	0,678 a
40% da CP	1,007 a
20% da CP	0,851 a
Suspensão de rega	0,544 a
Reirrigado	0,408 a

Letras iguais indicam que não houve diferenças significativas entre tratamentos hídricos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A razão raiz/parte aérea nas plantas superiores, geralmente, tende a aumentar sob situações de estresse hídrico (Taiz & Zeiger, 2004). Nesta pesquisa, não houve diferenças entre os tratamentos aplicados. Os resultados obtidos sugerem que o período experimental adotado não foi suficiente para causar diferenças significativas entre os tratamentos, apesar das tendências encontradas entre os valores obtidos. Os resultados permitem sugerir ainda que as plantas do tratamento 40% da CP aumentaram em 26,6% a razão raiz/parte aérea quando comparadas com as do tratamento controle. Apesar de não ser uma diferença significativa, esse dado mostra que estas plantas estavam aumentando a alocação de fotoassimilados para as raízes como forma de absorver maior quantidade de água e manter suas funções metabólicas.

Resultado semelhante foi encontrado por Villagra e Cavagnaro (2006), após deixar duas espécies do gênero *Prosopis* em suspensão de rega durante 100 dias, não encontrando diferenças significativas na área foliar, apesar do aumento encontrado nesta variável.

A tendência das plantas reirrigadas de diminuírem sua razão raiz/parte aérea é, provavelmente, explicada pelo fato destas plantas emitirem novas folhas logo após a

reirrigação. Deste modo, o sistema radicular teve paralisado seu crescimento em favorcimento do aumento no crescimento da parte aérea.

Área foliar, razão de área foliar e área foliar específica

O estresse aplicado causou alterações significativas na área foliar. As plantas dos tratamentos 80, 60 e 40% da CP tiveram comportamento semelhante ao controle, enquanto que as plantas dos tratamentos 20% da CP e SR tiveram reduções de 88% e 86%, respectivamente, em relação à área foliar das plantas do tratamento controle. As plantas reirrigadas, apesar de apresentarem uma maior ABF, não demonstraram recuperação na área foliar (Tabela 5). Entretanto, as diferenças encontradas na área foliar não foram suficientes para causar alterações na razão de área foliar e área foliar específica (Tabela 5).

Tabela 5. Área foliar, razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) em plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) cultivadas em casa de vegetação.

Tratamentos	Área foliar (cm ²)	RAF (cm ² .g ⁻¹ MS)	AFE (cm ² .g ⁻¹ MS)
100% da CP	462,08 a	65,53 a	164,21 a
80% da CP	522,58 a	59,51 a	153,55 a
60% da CP	346,33 a	71,60 a	163,96 a
40% da CP	248,08 a	52,65 a	162,87 a
20% da CP	51,62 b	22,56 a	84,18 a
Suspensão de rega	63,00 b	36,25 a	106,78 a
Reirrigado	74,16 b	32,53 a	69,58 a

Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos pelo teste de comparação de medianas (não-paramétrico).

Liu e Stützel (2004) verificaram reduções na área foliar e área foliar específica de genótipos de Amarantáceas submetidas à suspensão de irrigação. Estas plantas quando

reirrigadas retomavam o crescimento e se igualavam às plantas irrigadas normalmente. Villagra e Cavagnaro (2006) também observaram reduções na área foliar de plantas de *Prosopis sp.* sem água disponível, mas não encontraram diferenças na área foliar específica destas mesmas plantas, resultado semelhante ao encontrado neste trabalho.

Lopes et al. (2007) avaliaram mudas de *Eucalyptus grandis* sob diferentes lâminas de irrigação. Esses autores verificaram que a área foliar das mudas submetidas a lâmina de irrigação de 6 mm.dia⁻¹ foi, em média, 53% menor que as plantas do tratamento controle (lâmina de irrigação de 14 mm.dia⁻¹).

A expansão celular é diretamente afetada pela disponibilidade hídrica do solo. Com uma menor absorção de água, menor será a pressão sobre a parede celular e menor será o alongamento da célula. Conseqüentemente, há a redução da área foliar. Esta redução é facilmente verificada em plantas que vivem sob restrição hídrica, como a que foi observada nesta pesquisa, na qual reduções de até 88% (plantas em suspensão de rega) foram comprovadas.

Figuerôa et al. (2004) afirmam que a umidade do ambiente é que determina a área foliar de uma planta, sendo maior em ambientes úmidos e menor em ambientes áridos. Esta característica é uma importante defesa contra a perda excessiva de água, e a diminuição da área foliar está entre as várias características xeromórficas que são identificadas em vegetais sob déficit hídrico (Villagra & Cavagnaro, 2006).

Conclusões

1. Níveis de água abaixo de 60% da CP reduzem significativamente o crescimento e a produção de matéria seca no nim indiano;

2. A principal característica do nim indiano em situações de baixa disponibilidade hídrica é reduzir a matéria seca das folhas e a área foliar, podendo essas variáveis serem utilizadas como parâmetros de avaliação desta espécie ao déficit hídrico;
3. A recuperação das plantas reirrigadas evidenciou-se por meio da emissão de novas folhas, confirmada principalmente pelo aumento na alocação de biomassa para as folhas destas plantas; e
4. Diante dos resultados, sugere-se que plantas jovens de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) podem ser cultivadas a 80% da capacidade de pote com o máximo de crescimento.

Referências bibliográficas

ARAÚJO, L. V. C.; RODRIGUEZ, L. C. E.; PAES, J. B. Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 153-159, 2000.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

DAUDET, F.; AMÉGLIO, T.; COCHARD, H.; ARCHILLA, O.; LACOINTE, A.
Experimental analysis of the role of water and carbon in tree stem diameter variations.
Journal of Experimental Botany, v. 56, n. 409, p. 135-144, 2005.

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

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

JONES, H. G. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 119-130, 2007.

KULKARNI, A. R.; SOPPIMATH, K. S.; AMINABHAVI, T. M. Solubility Study of *Azadirachta indica* A. Juss. (Neem) Seed Oil in the Presence of Cosolvent/Nonionic Surfactant at (298.15, 303.15, 308.15, and 313.15) K. **Journal of Chemistry Engineering Data**, v. 44, p. 836-838, 1999.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Ed. Rima, 2006. 531p.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. **Scientia Horticulturae**, v. 102, p. 15-27, 2004.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Árvore**, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

LUU, D. T.; MAUREL, C. Aquaporins in a challenging environment: molecular gears for adjusting plant water status. **Plant, Cell and Environment**, v. 28, p. 85-96, 2005.

MIELKE, M. S.; HOFFMAN, A.; ENDRES, L.; FACHINELLO, J. C. Comparação de métodos de laboratório e de campo para estimativa da área foliar em fruteiras silvestres. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 1, p. 82-88, 1995.

MÓSENA, M.; DILLENBURG, L. R. Early growth of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia* [Bertol.] Kuntze) in response to soil compaction and drought. **Plant and Soil**, v. 258, p. 293-306, 2004.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p.22-31.

OKEMO, P. O.; MWATHA, W. E.; CHHABRA, S. C.; FABRY, W. The kill kinetics of *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) extracts on *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans*. **African Journal of Science and Technology**, v. 2, n. 2, p. 113-118, 2001.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2004. 191 p.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; FONTAN, I. C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, A. N.; OLIVEIRA, C. H. R. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Árvore**, v. 30, n. 6, p. 921-931, 2006.

ROOP, J. K.; DHALIWAL, P. K.; GURAYA, S. S. Extracts of *Azadirachta indica* and *Melia azedarach* seeds inhibit folliculogenesis in albino rats. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, p. 943-947, 2005.

SADRAS, V. O.; MILROY, S. P. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: A review. **Field Crops Research**, v. 47, p. 253-266, 1996.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de

crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SINGH, B.; SINGH, G. Biomass partitioning and gas exchange in *Dalbergia sissoo* seedlings under water stress. **Photosynthetica**, v.41, n.3, p. 407-414, 2003.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 338-342, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2004. 719p.

TYERMANN, S. D.; NIEMIETZ, C. M.; BRAMLEY, H. Plant aquaporins: multifunctional water and solute channels with expanding roles. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 173-194, 2002.

VILLAGRA, P. E.; CAVAGNARO, J. B. Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco*. **Journal of Arid Environments**, v. 64, p. 390-400, 2006.

WEWETZER, A. Callus cultures of *Azadirachta indica* and their potential for the production of Azadirachtin. **Phytoparasitica**, v. 26, n. 1, p. 47-52, 1998.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. **Photosynthetica**, v. 38, n. 1, p. 171-186, 2000.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analyses**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663p.

Capítulo 2*

Relações hídricas em plantas jovens de Nim indiano submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico no solo

**Manuscrito a ser enviado à revista Brazilian Journal of Plant Physiology*

1 **Relações hídricas em plantas jovens de Nim indiano**
2 **submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico no solo**¹
3 **Marcio de Oliveira Martins**^{2*}, **Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira**³, **Mauro**
4 **Guida dos Santos**⁴, **André Dias de Azevedo Neto**⁵.

5 ²Mestrando do Programa de Pós-graduação em Botânica, UFRPE; ³Prof^a. Dr^a. Associada, Depto.
6 *Biologia, UFRPE;* ⁴Prof. Dr Adjunto, Depto. Botânica, UFPE; ⁵Prof. Dr Adjunto, UFRB.*Autor
7 *correspondente: marciobiouece@yahoo.com.br*

8 Esta pesquisa teve como objetivo avaliar as relações hídricas em plantas jovens de nim
9 indiano submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico. O delineamento experimental
10 utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos hídricos (100, 80, 60, 40 e
11 20% da capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado). O potencial hídrico
12 foliar foi avaliado em três épocas (30, 45 e 60 dias após a diferenciação) em dois
13 horários de avaliação (pre-dawn e meio-dia). O teor relativo de água também foi
14 avaliado em três épocas (30, 45 e 60 dias após a diferenciação) utilizando-se as folhas
15 da análise do potencial hídrico de meio-dia. Em todas as épocas e horários de avaliação,
16 as plantas reduziram o potencial hídrico foliar com déficit hídrico a partir de 20% da
17 CP. O teor relativo de água mostrou comportamento semelhante, com reduções
18 significativas nas três épocas de avaliação a partir de 20% da CP. Nas plantas
19 reirrigadas, nas avaliações de 24h e 15 dias após a reirrigação, foram verificadas
20 recuperações significativas, mas, na última avaliação, 30 dias após a reirrigação, foram
21 observadas novas reduções no potencial hídrico e teor relativo de água. Com relação as

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor;

1 quantificações de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre foram
2 verificados aumentos significativos de acordo com a severidade dos tratamentos.
3 Correlacionando esses dados com o teor relativo de água, verificou-se que o aumento na
4 concentração de solutos se deu em função da redução na quantidade de água da célula.
5 Com estes resultados, pode-se concluir que o nim indiano reduz o potencial hídrico
6 foliar em função da queda no teor relativo de água e conseqüente elevação no teor de
7 solutos compatíveis.

8 **Palavras-chave:** *Azadirachta indica*, potencial hídrico, solutos orgânicos, teor relativo
9 de água.

10 **Water relations in Indian neem seedlings under different levels of water deficit:**

11 This research was performed aiming to evaluate the effect of water deficit on neem
12 seedlings. The experimental design was entirely randomized, with seven treatments
13 (100, 80, 60, 40 and 20% of pot capacity, without water and re-watering). The analyzed
14 parameters were: Leaf water potential (pre-dawn and noon), relative water content and
15 contents of compatible solutes. Leaf water potential was reduced by the water deficit in
16 the treatment of 20% of field capacity and without water. The same behavior was
17 verified for the relative water content. On the re-watering plants, first, was verified
18 recovery but at the end of experiment, these plants showed reductions in the leaf water
19 potential and relative water content. Soluble carbohydrates, soluble proteins and free
20 proline contents increased with the water deficit. This elevation was possible because of
21 reduction in relative water content. The results indicate that neem seedlings reduced leaf
22 water potential because of reduction in the relative water content and elevation of the
23 carbohydrates, proteins and proline contents.

24 **Keywords:** *Azadirachta indica*, organic solutes, relative water content, water potential

1 INTRODUÇÃO

2 A espécie *Azadirachta indica* A. Juss., conhecida como nim indiano (do
3 inglês, *neem*), é uma árvore nativa da Índia, de regiões de clima tropical e pertence à
4 família Meliaceae. O nim se desenvolve bem em temperaturas acima de 20 °C, com
5 precipitação pluviométrica anual entre 400 e 800 mm e em altitudes superiores a 700 m.
6 (SOARES et al., sd).

7 Sua importância econômica tem crescido bastante nos últimos anos em
8 função da demanda pelo uso do seu extrato no preparo de medicamentos e pesticidas.
9 Atualmente, existem plantações regulares e sistemas agroflorestais no sudoeste asiático,
10 Austrália, Porto Rico e Ilhas Virgens (PURI e SWAMY, 2001).

11 Muitos são os fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento dos
12 vegetais. A disponibilidade hídrica é considerada um dos fatores de maior efeito sobre a
13 produtividade agrícola, sendo o fator que rege a distribuição das espécies nas diferentes
14 zonas climáticas do globo (PIMENTEL, 2004). Larcher (2006) considera que a seca é
15 um estado ambiental em que a demanda de energia pela planta é maior que a produção,
16 o que leva a problemas fisiológicos, seguidos por aclimatação e estratégias de
17 adaptação.

18 Geralmente, a diminuição da disponibilidade hídrica no solo ocasiona queda
19 no potencial da água da folha, levando à perda de turgescência e ao fechamento
20 estomático. As respostas vegetais à seca são diferenciadas e as que toleram o déficit
21 hídrico podem ser classificadas em tolerantes com alto potencial hídrico e tolerantes
22 com baixo potencial hídrico. No primeiro caso, a planta tolera a seca acumulando
23 solutos orgânicos em suas células, reduzindo o potencial hídrico, como tentativa de

1 manter a absorção d'água. No segundo, a planta tenta sobreviver ao déficit hídrico
2 reduzindo a perda de água (NOGUEIRA et al., 2005).

3 Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as relações
4 hídricas de plantas de nim indiano submetidas a diferentes regimes hídricos, por meio
5 da análise do potencial hídrico pre-dawn e ao meio-dia e do teor relativo de água e
6 ainda, quantificando solutos orgânicos compatíveis nas folhas e raízes, que possam ser
7 utilizados pela espécie em questão para permitir a tolerância ao déficit hídrico imposto.

8 **MATERIAIS E MÉTODOS**

9 O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de
10 Fisiologia Vegetal da UFRPE, entre abril e junho de 2007, com período experimental de
11 60 dias, durante o qual a temperatura mínima e a máxima foi de 27,2 e 35,6°C,
12 respectivamente; a umidade relativa do ar variou entre 39,6 e 76,6% e o déficit de
13 pressão de vapor mínimo e máximo foram de 0,685 e 3,487 KPa, respectivamente.

14 As mudas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) foram cedidas pela
15 Estação Experimental de Itapirema (IPA) – Goiana/PE, onde foram propagadas
16 sexuadamente, com sementes obtidas de uma matriz da mesma instituição. As mudas
17 com um mês de idade apresentavam em média 10 cm de altura e cinco folhas. As
18 plântulas se encontravam em sacos de polietileno com capacidade de 2 kg, tendo como
19 substrato uma mistura de terriço vegetal, argila e matéria orgânica numa proporção de
20 2:1:1 v/v. As mudas selecionadas para este experimento foram transplantadas para vasos
21 preenchidos até 5,5 kg com solo (classificado como franco-arenoso) obtido no campus
22 de Dois Irmãos da UFRPE.

1 Durante 20 dias de aclimação, as plantas foram mantidas na capacidade de
2 pote (CP), previamente estabelecida pelo método gravimétrico, segundo Souza et al.
3 (2000).

4 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis
5 tratamentos hídricos: 100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da CP e Suspensão de rega(SR),
6 com oito repetições cada, totalizando 48 plantas. Aos 30 dias de experimentação, três
7 repetições do tratamento SR foram levadas a 100% da capacidade de pote e não
8 receberam água durante o restante do experimento. Essas plantas formaram o tratamento
9 Reirrigado (R).

10 A aplicação dos tratamentos às plantas foi realizada com a pesagem diária de
11 cada vaso, aos quais era adicionada água até atingir o peso correspondente a cada
12 tratamento.

13 O potencial hídrico foliar foi medido em três épocas de avaliação, 30, 45 e
14 60 dias após a diferenciação (DAD), e em dois horários em cada época, pré-dawn (4h) e
15 meio-dia. Essas medidas foram feitas com uma Câmara de Pressão de Scholander (Soil
16 moisture equipment corp., Santa Barbara, USA), seguindo a metodologia descrita por
17 Scholander et al. (1965).

18 O teor relativo de água (TRA) foi avaliado em três épocas, 30, 45 e 60 DAD,
19 utilizando-se as folhas da avaliação do potencial hídrico foliar ao meio-dia. Essas folhas
20 eram retiradas das plantas e imediatamente envoltas em filme plástico e acondicionadas
21 em caixa de isopor com gelo. Essas medidas foram tomadas para evitar a perda de água.
22 Desta folha, eram retirados seis discos de mesmo diâmetro. Estes discos foram pesados
23 para obtenção da matéria fresca. Logo em seguida, foram submersos em água
24 deionizada em placas de Petri com papel filtro por 48h em geladeira a 4°C. Os discos

1 foram secos em papel filtro para retirar o excesso de água e novamente pesados,
2 obtendo-se a massa túrgida. Em seguida, foram colocados em estufa a 65°C e, após 48h,
3 obteve-se o peso da matéria seca. De posse destes dados, foi possível calcular o TRA
4 das plantas com a seguinte fórmula: $TRA = \left(\frac{PF - PS}{PT - PS} \right) \times 100$, seguindo metodologia de
5 Cairo (1995).

6 Aos 30, 45 e 60 DAD foram coletadas cerca de 1g do limbo foliar das mesmas
7 folhas utilizadas para a determinação do potencial hídrico para a determinação dos
8 teores de carboidratos solúveis (DUBOIS et al., 1956), proteínas solúveis
9 (BRADFORD, 1976) e prolina livre (BATES, 1973).

10 Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias
11 comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade, utilizando-se o
12 software STATISTICA 6.0.

13 **RESULTADOS**

14 *Potencial hídrico foliar*

15 As avaliações de potencial hídrico foliar mostram que as plantas de nim
16 indiano não têm seu potencial alterado até 40% da CP, nas três épocas e nos dois
17 horários de avaliação. A partir de 20% da CP, as plantas mostraram redução
18 significativa, exceto no potencial pre-dawn aos 45 DAD. Essas reduções foram, em
19 média, de 66,5 e 51,6% para as medidas de potencial pré-dawn e ao meio-dia,
20 respectivamente. As plantas do tratamento SR baixaram os valores de potencial hídrico

1 atingindo a capacidade máxima do equipamento, que é de -4 MPa. Isso aconteceu em
2 todas as épocas e horários de avaliação (Tabela 1).

3 Após a reirrigação, quando plantas mantidas no tratamento SR foram levadas
4 a 100% da CP e não receberam água no restante do experimento, foi observada
5 recuperação bastante expressiva do potencial hídrico, já a partir de 24h após a
6 reirrigação, mostrando elevação de 68,2% no potencial pré-dawn e 65,2% na medida ao
7 meio-dia, em relação as plantas que continuaram no tratamento SR. O potencial hídrico
8 destas plantas só ficou abaixo das plantas controle ao final do experimento, ao meio-dia,
9 quando foi verificada redução de 42,1% (Tabela 1).

10 Tabela 1: Potencial hídrico foliar (MPa) em plantas de nim indiano (*Azadirachta indica*
11 A. Juss) submetidas a diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da
12 capacidade de pote (CP), suspensão de rega e reirrigado) em dois horários e três épocas
13 de avaliação. O tratamento Reirrigado teve início 24h após a avaliação de 30 dias após a
14 diferenciação (DAD).

Tratamentos (% da CP)	Épocas de avaliação					
	30 DAD		45 DAD		60 DAD	
	4h	12h	4h	12h	4h	12h
100% da CP	-0,56 a	-0,95 ab	-0,55 a	-0,85 a	-0,59 a	-1,21 a
80% da CP	-0,51 a	-0,58 a	-0,61 a	-1,25 a	-0,48 a	-1,52 a
60% da CP	-0,47 a	-0,70 ab	-0,65 a	-0,90 a	-0,71 a	-1,37 a
40% da CP	-0,90 ab	-1,21 ab	-0,69 a	-1,45 a	-0,89 ab	-1,65 ab
20% da CP	-1,62 b	-1,68 b	-0,73 a	-2,82 b	-1,85 b	-2,16 b
Suspensão de rega	-4,00 c	-4,00 c	-4,00 b	-4,00 b	-4,00 c	-4,00 c
	Tempo após reirrigação					
	24 h		15 dias		30 dias	
	4h	12h	4h	12h	4h	12h
Reirrigado	-1,27 ab	-1,39 ab	-0,75 a	-1,35 a	-1,29 ab	-2,09 b

15

16 Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre tratamentos hídricos dentro de cada
17 horário em cada época de avaliação pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

1 *Teor relativo de água (TRA)*

2 Na primeira avaliação, aos 30 DAD, só foram encontradas reduções
3 significativas no TRA nas plantas do tratamento 20% da CP e SR. As plantas deste
4 tratamento tiveram o TRA médio reduzido em 15,8% e as plantas do tratamento SR
5 mostraram redução de 25,4%, em relação ao controle. Aos 45 DAD, essa redução foi
6 menor, mas as diferenças se mantiveram. Ao final do experimento, as plantas dos
7 tratamentos 60 e 40% da CP reduziram o TRA em relação ao controle, com valores de
8 redução de 5,8% e 5,4%, respectivamente. No tratamento com 20% da CP observou-se
9 maior redução no TRA (10,8% menor que o controle). Aos 60 DAD, as plantas
10 mantidas no tratamento SR não tinham material vegetal suficiente para que a análise do
11 TRA fosse realizada (Tabela 2).

12 As plantas do tratamento R, 24h após a reirrigação, mostraram recuperação
13 de 26,1%, igualando-se às do controle. Aos 15 dias após a reirrigação, essas plantas
14 mantiveram a recuperação, mas, após 30 dias (60 DAD), as plantas do tratamento R
15 mostraram redução de 9,5% em relação ao controle, ficando estatisticamente abaixo
16 destas (Tabela 2).

1 Tabela 2: TRA (%) em plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas
 2 a diferentes regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote
 3 (CP), suspensão de rega e reirrigado) em três épocas de avaliação. O tratamento
 4 Reirrigado teve início 24h após a avaliação de 30 dias após a diferenciação dos
 5 tratamentos (DAD).

Tratamentos (% da CP)	Épocas de avaliação		
	30 DAD	45 DAD	60 DAD
100% da CP	87,90 a	88,34 a	89,45 a
80% da CP	84,40 a	86,57 ab	88,18 ab
60% da CP	86,31 a	89,79 a	84,26 bc
40% da CP	83,13 a	84,59 ab	84,58 bc
20% da CP	73,95 b	79,40 b	79,71 d
Suspensão de rega	65,51 c	64,10 c	-
	Tempo após reirrigação		
	24h	15 dias	30 dias
Reirrigado	88,75 a	90,11 a	80,87 cd

6
 7 Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre tratamentos hídricos pelo teste de
 8 Tukey ($P < 0,05$).

9 *Quantificação de solutos orgânicos*

10 Em relação ao acúmulo de solutos orgânicos, as plantas deste experimento
 11 mostraram valores mais elevados de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina
 12 livre à medida que o déficit hídrico foi mais intenso e, esse acúmulo nas plantas
 13 estressadas foi verificado tanto nas folhas como nas raízes (Tabelas 3 e 4).

14 Na primeira avaliação, aos 30 DAD, já foi possível verificar um aumento na
 15 concentração de carboidratos solúveis nas folhas das plantas dos tratamentos 20% da
 16 CP e SR, sendo esse aumento de 58,5% e 70%, respectivamente. Aos 45 DAD, apenas
 17 os tratamentos 80 e 60% da CP se assemelharam ao controle e os tratamentos 40, 20%
 18 da CP e SR acumularam mais carboidratos solúveis em relação ao mesmo. Estes
 19 aumentos foram de 37,7, 47,1 e 73,7%, respectivamente. Ao final do experimento (60
 20 DAD), os tratamentos controle, 80 e 60% da CP tiveram comportamento semelhante

1 enquanto que os tratamentos 40 e 20% da CP tiveram aumento de 44,5 e 54,4% em
2 relação ao controle. As plantas que foram submetidas à reirrigação mostraram
3 recuperação já após 15 dias, apresentando concentração de carboidratos solúveis
4 semelhante ao tratamento controle. Entretanto, aos 30 dias após a reirrigação, estas
5 plantas voltaram a mostrar maior concentração de carboidratos, ficando 42,3% acima do
6 valor encontrado no tratamento controle (Tabela 3).

7 Avaliando o teor de proteínas solúveis aos 30 DAD, verificou-se diferença
8 significativa entre o tratamento mais severo (SR) e o 80% da CP, representado por um
9 aumento de 26,2% na concentração de proteínas solúveis do tratamento com menos
10 água disponível. Na segunda avaliação, os tratamentos 20% da CP e SR se destacaram
11 dos demais. As plantas desses tratamentos apresentaram elevações de 48,4 e 63,6% em
12 relação ao controle. Aos 60 DAD, houve reduções na maioria dos tratamentos em
13 relação à avaliação anterior. As plantas do tratamento R acumularam mais proteínas
14 solúveis que todos os outros tratamentos. Aos 45 DAD, esse aumento foi de 64,3% e
15 aos 60 DAD de 61,5% (Tabela 3).

16 As concentrações de prolina livre nas folhas das plantas mais estressadas
17 foram as maiores nas três épocas de avaliação. Aos 30 DAD, nos tratamentos com 20%
18 da CP e SR registraram-se teores 87,8 e 97,1% mais elevados que o controle,
19 respectivamente. Aos 45 DAD, esses aumentos foram de 92,3 e 95,8%. Ao final do
20 experimento, só registrou-se aumento no teor de prolina livre no tratamento com 20%
21 da CP. Esse acúmulo representa um aumento de 90,1% em relação ao controle. As
22 plantas do tratamento R foram semelhantes às controle após 15 dias de reirrigação.
23 Contudo, 30 dias após a reirrigação, estas tiveram maior acúmulo de prolina, igualando-
24 se estatisticamente às plantas do tratamento 20% da CP. Na última avaliação (60 DAD),
25 as plantas reirrigadas tiveram aumento de 86,7% em relação às controle (Tabela 3).

1 Tabela 3: Concentração de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre em
 2 folhas de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes
 3 regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP) e
 4 suspensão da rega (SR)). O tratamento Reirrigado (R) teve início 24h após a avaliação
 5 de 30 dias após a diferenciação (DAD).

	Tratamentos (% da CP)	30 DAD	45 DAD	60 DAD
			15 dias	30 dias
R			283,99 bcdA	270,69 bA
Carboidratos ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	100	157,03 cA	172,89 dA	156,11 cA
	80	153,49 cB	219,13 cdA	161,41 cB
	60	206,60 cA	211,47 cdA	197,41 cA
	40	246,42 cA	277,66 bcA	281,64 bA
	20	378,84 bA	326,92 bA	342,86 aA
	SR	524,33 aA	658,57 aA	-
	Tempo após reirrigação			
			15 dias	30 dias
R			283,99 bcdA	270,69 bA
Proteínas solúveis ($\mu\text{g.g}^{-1}$ MF)	100	12662,02 abA	9301,76 bB	6798,95 bcB
	80	12109,91 bA	7644,67 bB	3063,93 cC
	60	12175,50 bA	10338,54 bA	12670,62 abA
	40	12466,09 abA	9154,64 bA	3366,91 cB
	20	14889,97 abA	18035,16 aA	7462,09 abcB
	SR	17173,32 aA	25598,27 aA	-
	Tempo após reirrigação			
			15 dias	30 dias
R			26086,01 aA	17701,61 aA
Prolina livre ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	100	124,61 cA	235,06 cA	283,03 bA
	80	250,20 cA	248,13 cA	239,59 bA
	60	372,43 cAB	528,01 cA	291,02 bB
	40	380,46 cA	416,32 cA	492,24 bA
	20	1028,10 bA	3086,54 bA	2861,70 aA
	SR	4439,74 aA	5683,85 aA	-
	Tempo após reirrigação			
			15 dias	30 dias
R			1237,20 bcA	2136,37 aA

6
 7 *Valores seguidos de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não
 8 diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

1 Nas análises realizadas nas raízes, verificou-se que os solutos
2 osmoticamente ativos avaliados se acumularam com maior intensidade quanto maior
3 fosse a severidade dos tratamentos aplicados. Na concentração de carboidratos solúveis,
4 foram encontradas elevações da ordem de 74,3 e 86,3% nas plantas dos tratamentos
5 20% da CP e SR, respectivamente, em relação ao controle. Já para os teores de proteínas
6 solúveis, a diferença marcante ficou entre as plantas do tratamento SR e as plantas do
7 tratamento 80% da CP, onde foi verificado um aumento de 89,3% nas plantas do
8 tratamento SR em relação ao outro. Finalmente, foram encontradas diferenças
9 significativas entre o tratamento controle e os tratamentos 20% da CP e SR, no que diz
10 respeito à concentração de prolina livre. Os aumentos nas concentrações foram de 95,4
11 e 98,2% nas plantas dos tratamentos 20% da CP e SR, respectivamente, em relação ao
12 controle. Nas plantas do tratamento R, as concentrações de carboidratos solúveis,
13 proteínas solúveis e prolina livre não diferiram daquelas encontradas nas plantas do
14 tratamento controle.

1 Tabela 4: Concentração de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre em
 2 raízes de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) submetidas a diferentes
 3 regimes hídricos (100 (controle), 80, 60, 40 e 20% da capacidade de pote (CP) e
 4 suspensão da rega (SR)). O tratamento Reirrigado (R) teve início 24h após a avaliação
 5 de 30 dias após a diferenciação (DAD).

Tratamentos (% da CP)	Carboidratos ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	Proteína ($\mu\text{g.g}^{-1}$ MF)	Prolina ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)
100	35,51 c	438,41 bc	46,77 c
80	43,20 c	292,33 c	48,34 c
60	39,57 c	747,25 bc	58,03 c
40	37,99 c	549,12 bc	76,24 c
20	138,44 b	1204,62 abc	1021,34 b
SR	259,82 a	2748,50 a	2635,79 a
R	59,39 c	1295,58 ab	221,42 c

6
 7 *Valores seguidos de letras iguais indicam que não houve diferença estatística entre
 8 tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

9 DISCUSSÃO

10 Na presente pesquisa, as plantas de nim indiano tiveram seu potencial
 11 hídrico pre-dawn e ao meio-dia reduzidos principalmente nos tratamentos com 20% da
 12 CP e SR. Este comportamento foi verificado nas três épocas de avaliação. De modo
 13 semelhante, Liberato et al. (2006) verificaram que mudas de acariquara (*Minquartia*
 14 *guianensis* Aubl.) sem nenhuma irrigação tinham seu potencial reduzido em relação às
 15 plantas controle (mantidas na capacidade de pote) a partir do 20º dia de imposição do
 16 estresse. Já Bacelar et al. (2007), avaliando mudas de três cultivares de oliveira (*Olea*
 17 *europaea* L.) sob déficit hídrico moderado (vasos mantidos com 1/3 da água das plantas
 18 controle), observaram que ao final do experimento, aproximadamente 120 dias, as
 19 plantas apresentaram valores de potencial hídrico ao meio-dia 36,7% mais baixo que o

1 das plantas controle, mantidas na capacidade de pote. Avaliando espécies de eucaliptos
2 sob diferentes regimes hídricos, Gindaba et al. (2005) verificaram que, após 100 dias de
3 imposição dos tratamentos, duas espécies, quando submetidas aos tratamentos de 50 e
4 25% da CP, apresentaram queda significativa nos valores de potencial hídrico foliar pre-
5 dawn e meio-dia.

6 Avaliando potencial hídrico foliar pre-dawn e ao meio-dia, Clifford et al.
7 (1998) observaram que plantas de *Ziziphus mauritiana* (Lamk.) sem rega durante 13
8 dias, tinham os valores inferiores aos das plantas controle, regadas diariamente. Ao final
9 desse período, foi realizada uma reirrigação que permitiu a recuperação dessas plantas,
10 verificada através da mensuração das mesmas variáveis após três dias da reirrigação. Os
11 mesmos autores também avaliaram o teor relativo de água (TRA) durante o mesmo
12 experimento. Eles verificaram que as plantas sem rega apresentaram reduções altamente
13 significativas em relação ao controle logo aos 10 dias de imposição do estresse.
14 Novamente, após a reirrigação no 13º dia de suspensão da rega, foi verificada uma
15 recuperação no TRA apenas três dias depois. Os resultados desses pesquisadores estão
16 de acordo com o que foi encontrado nesta pesquisa, inclusive, na rapidez da recuperação
17 do vegetal após a rehidratação do solo quando, as plantas de nim indiano deste estudo
18 recuperaram o teor relativo de água nos tecidos apenas 24h após a reirrigação.

19 Ao avaliar o TRA em espécies de eucaliptos, Gindaba et al. (2005)
20 verificaram que duas espécies tiveram comportamento semelhante ao encontrado nas
21 plantas de nim indiano da presente pesquisa. Estas duas espécies tiveram o TRA
22 reduzido de acordo com a severidade dos tratamentos, a partir do tratamento de 50% da
23 CP.

1 Com relação à concentração de solutos orgânicos, Larcher (2006) afirma
2 que, logo após a diminuição do TRA, a síntese de solutos osmoticamente ativos ocorre
3 de maneira diferenciada, na maioria dos casos, aumentando a quantidade de solutos na
4 célula, diminuindo a perda de água.

5 Nesta pesquisa foi verificado aumento da concentração dos solutos
6 avaliados, carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre, em função da
7 severidade dos tratamentos. De maneira semelhante, Clifford et al. (1998) encontrou
8 uma elevação na concentração de carboidratos solúveis e prolina (74% e 83%,
9 respectivamente) em plantas de *Ziziphus mauritiana* (Lamk.) que estavam sem receber
10 água há 13 dias em relação ao controle. Mas, após uma reirrigação, as concentrações de
11 carboidratos e prolina diminuíram suas concentrações, mas não chegando ao mesmo
12 nível do tratamento controle.

13 Sarker et al. (2005) verificaram acúmulo de prolina da ordem de 88% em
14 plantas sob estresse que, segundo os autores, está relacionado a menor quantidade de
15 água nos tecidos foliares de pepino cultivado sob déficit hídrico durante 60 dias. Mas,
16 como os resultados encontrados nesta pesquisa, os níveis de prolina livre baixaram após
17 uma reposição de água.

18 Para chegar a uma conclusão que atinja os objetivos de avaliar uma
19 determinada espécie frente ao déficit hídrico, sob o ponto de vista fisiológico, faz-se
20 necessário ter uma gama de variáveis observadas sob diferentes aspectos. Pimentel
21 (2004) afirma que não existe uma variável única capaz de determinar o nível de
22 tolerância e/ou sensibilidade de uma espécie à seca. Deste modo, para que conclusões
23 mais firmes possam ser colocadas, algumas variáveis devem ser determinadas e
24 relacionadas.

1 Fazendo uma avaliação conjunta do potencial hídrico foliar, TRA e
2 quantificação de solutos orgânicos, pode-se sugerir que a queda no potencial pode ser
3 atribuída, principalmente, à redução no TRA. A elevação nas concentrações de solutos
4 orgânicos deve ser consequência de uma menor quantidade de solvente, no caso, a água
5 no tecido. Desse modo, pode-se concluir que as plantas de nim indiano reduziram o
6 TRA de acordo com a severidade dos tratamentos e reduziram o potencial hídrico como
7 forma de aumentar o ganho de água.

8 **REFERÊNCIAS**

- 9 Bacelar EA, Moutinho-Pereira JM, Gonçalves BC, Ferreira HF, Correia CM (2007)
10 Changes in growth, gas exchange, xylem hydraulic properties and water use efficiency
11 of three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environ. Exp. Bot.*,
12 60: 183-192.
- 13 Bates LS (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short
14 communication, *Plant Soil*, 39:205-207.
- 15 Bradford MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram
16 quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*,
17 72:248-254.
- 18 Cairo PAR (1995) Curso básico de relações hídricas de plantas. Ed. UESB, Vitória da
19 Conquista.

- 1 Clifford SC, Arndt SK, Corlett JE, Joshi S, Sankhla N, Popp M, Jones HG (1998) The
2 role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in
3 drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* (Lamk.). J. Exp. Bot., 49(323):967-977.
- 4 Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F (1956) Colorimetric method
5 for determination of sugars and related substances. Anal. Chem., 28:350-356.
- 6 Gindaba J, Rozanov A, Negash L (2005) Photosynthetic gas exchange, growth and
7 biomass allocation of two Eucalyptus and three indigenous tree species of Ethiopia
8 under moisture deficit. Forest Ecol. Manag., 205:127-138.
- 9 Larcher W (2006) Ecofisiologia Vegetal. Translation: Prado CHBA. Ed. Rima, São
10 Carlos.
- 11 Liberato MAR, Gonçalves JFC, Chevreuil LR, Nina Júnior AR, Fernandes AV, Santos
12 Júnior UM (2006) Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence in
13 acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery.
14 Braz. J. Plant Physiol., 18(2): 315-323.
- 15 Nogueira RJMC; Albuquerque MB, Silva EC (2005) Aspectos ecofisiológicos da
16 tolerância à seca em plantas da caatinga. In: Nogueira RJMC, Araújo EL, Willadino
17 LG, Cavalcante UMT (eds), Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas, pp.
18 22-31. Imprensa Universitária, Recife, Brazil.
- 19 Pimentel C (2004) A relação da planta com a água. Seropédica, Rio de Janeiro.

- 1 Puri S, Swamy SL (2001) Growth and biomass production in *Azadirachta indica*
2 seedlings in response to nutrients (N and P) and moisture stress. *Agroforestry Systems*.
3 51:57-68.
- 4 Sarker BC, Hara M, Uemura M (2005) Proline synthesis, physiological responses and
5 biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Sci. Hort.*,
6 103: 387-402.
- 7 Scholander PF, Hammel HT, Hemmingsen EA, Bradstreet, ED (1965) Sap pressure in
8 vascular plants. *Science*, 148:339-346.
- 9 Soares FP, Paiva R, Nogueira RC, Oliveira L M, Paiva PDO, Silva DRG () Cultivo e
10 usos do nim (*Azadirachta indica* A. Juss). *Boletim agropecuário da UFL*, 68:1-14.
- 11 Souza CC, Oliveira FA, Silva IF, Amorim Neto MS (2000) Avaliação de métodos de
12 determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de
13 algodoeiro herbáceo. *Rev. Bras. Eng. Agri. Ambiental*, 4(3):338-342.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância do nim indiano tem crescido bastante nos últimos anos devido à diversidade de utilizações e a sua versatilidade no que diz respeito às mais diversas áreas em que tem alguma finalidade como, por exemplo, a agricultura e pecuária. Desta maneira, se fazem importantes, pesquisas que viabilizem a produção em maior escala e com melhor aproveitamento desta espécie.

Analisando dados de crescimento, o nim indiano mostrou que não precisa de água em grandes quantidades e teve ótimos resultados em um nível de rega de 80% da capacidade de pote (CP), igualando-se ao tratamento controle (100% da CP). Essa informação é confirmada pelos resultados na altura, número de folhas, diâmetro do caule, matéria seca das folhas, caule e raízes das plantas deste tratamento, que apresentaram maiores valores (semelhante ao controle), sugerindo que estas plantas poderiam ser cultivadas com este nível de hidratação do solo e com um bom desenvolvimento na fase inicial do crescimento.

As relações hídricas do nim indiano sob déficit hídrico confirmam as informações obtidas no artigo de crescimento. As plantas dos tratamentos controle (100% da CP), 80 e 60% da CP tiveram comportamento semelhante, mantendo elevado o potencial hídrico foliar pre-dawn ao meio-dia e mantendo constantes o teor relativo de água e os teores de carboidratos e proteínas solúveis e de prolina livre. Com base nestes resultados, pode-se inferir que as plantas de Nim indiano podem ser cultivadas com, no mínimo, 60% da CP sem ter suas relações hídricas comprometidas. Abaixo desse valor, o nim tem seu potencial hídrico foliar reduzido em função da perda de água nos tecidos, o que pode comprometer seu desenvolvimento normal.

Unindo os resultados obtidos nas variáveis de crescimento e de relações hídricas, nota-se que um grupo das plantas se destaca dos demais. No tratamento 80% da CP foram registrados os maiores valores das variáveis de crescimento e não ocorreram problemas nas relações hídricas avaliadas apesar da menor disponibilidade de água no solo. Com estes resultados, pode-se sugerir que, cultivando o nim indiano com 80% da CP, o produtor teria um excelente crescimento na fase inicial de desenvolvimento e as plantas não teriam alterações nas relações hídricas, mantendo normais suas funções metabólicas.

ANEXOS

ANEXO I

INSTRUÇÕES AOS AUTORES DAS REVISTAS



**ISSN 0100-204X versão
impressa**
ISSN 1678-3921 versão online

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- [Escopo e política](#)
- [Forma e preparação de manuscritos](#)
- [Envio de manuscritos](#)

Escopo e política editorial

A revista **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (PAB) é uma publicação mensal da Embrapa, que edita e publica trabalhos técnico-científicos originais, em português, espanhol ou inglês, resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. A principal forma de contribuição é o Artigo, mas a PAB também publica Notas Científicas, Novas Cultivares e Revisões a convite do Editor.

Forma e preparação de manuscritos

Análise dos artigos

A Comissão Editorial faz a análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como escopo, apresentação do artigo segundo as normas da revista, formulação do objetivo de forma clara, clareza da redação, fundamentação teórica, atualização da revisão da literatura, coerência e precisão da metodologia, resultados com contribuição significativa, discussão dos fatos observados em relação aos descritos na literatura, qualidade das tabelas e figuras, originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério é aplicado somente aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

Forma e preparação de manuscritos

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas, Novas Cultivares e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

O texto deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com margens de 2,5 cm e com páginas e

linhas numeradas.

Organização do Artigo Científico

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

Artigos em português - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

Artigos em inglês - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

Artigos em espanhol - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

Título

Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.

Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como "efeito" ou "influência".

Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.

Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.

As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

Nomes dos autores

Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção "e", "y" ou "and", no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.

O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à chamada de endereço do autor.

Endereço dos autores

São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo

arábico, entre parênteses, em forma de expoente.

Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.

Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

Resumo

O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.

Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.

Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos, os resultados e a conclusão.

Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.

O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

Termos para indexação

A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.

Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.

Não devem conter palavras que componham o título.

Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.

Devem, preferencialmente, ser termos contidos no AGROVOC: Multilingual Agricultural Thesaurus (http://www.fao.org/aims/ag_intro.htm) ou no Índice de Assuntos da base SciELO (<http://www.scielo.br/>).

Introdução

A palavra Introdução deve ser centralizada e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

Deve ocupar, no máximo, duas páginas.

Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.

O último parágrafo deve expressar o objetivo de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

Material e Métodos

A expressão Material e Métodos deve ser centralizada e grafada em negrito; os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.

Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.

Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.

Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.

Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.

Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.

Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.

Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.

Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.

Resultados e Discussão

A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Deve ocupar quatro páginas, no máximo.

Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.

As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.

Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos em relação aos apresentados por outros autores.

Evitar o uso de nomes de variáveis e tratamentos abreviados.

Dados não apresentados não podem ser discutidos.

Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.

As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.

Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.

As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

Conclusões

O termo Conclusões deve ser centralizado e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo.

Devem ser elaboradas com base no objetivo do trabalho.

Não podem consistir no resumo dos resultados.

Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.

Devem ser numeradas e no máximo cinco.

Agradecimentos

A palavra Agradecimentos deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser breves e diretos, iniciando-se com "Ao, Aos, À ou Às" (pessoas ou instituições).

Devem conter o motivo do agradecimento.

Referências

A palavra Referências deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.

Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.

Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.

Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.

Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.

Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.

Devem ser trinta, no máximo.

Exemplos:

Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

Artigos de periódicos

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

Capítulos de livros

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

Livros

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

Teses

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Fontes eletrônicas

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste**: relatório do ano de 2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em: <<http://www.cpa0.embrapa.br/publicacoes/ficha.php?tipo=DOC&num=66&ano=2004>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

Citações

Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.

A autocitação deve ser evitada.

Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

Redação das citações dentro de parênteses

Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.

Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.

Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.

Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.

Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.

Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original,

seguido da expressão “citado por” e da citação da obra consultada.

Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

Redação das citações fora de parênteses

Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

Fórmulas, expressões e equações matemáticas

Devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.

Não devem apresentar letras em itálico ou negrito, à exceção de símbolos escritos convencionalmente em itálico.

Tabelas

As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após as referências.

Devem ser auto-explicativas.

Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.

Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.

O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.

No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.

Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.

Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo.

Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.

Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.

Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares. Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.

As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela;

não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.

Notas de rodapé das tabelas

Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.

Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.

Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

Figuras

São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.

Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.

O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.

Devem ser auto-explicativas.

A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.

Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.

Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.

O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.

As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.

As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução

gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.

Devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw, para possibilitar a edição em possíveis correções.

Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.

No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).

Não usar negrito nas figuras.

As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.

Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

Outras informações

Não há cobrança de taxa de publicação.

Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.

O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.

São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.

Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da **PAB**.

Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61)3448-4231 e 3273-9616, fax: (61)3340-5483, via e-mail: pab@sct.embrapa.br ou pelos correios:

Embrapa Informação Tecnológica
Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB
Caixa Postal 040315
CEP 70770 901 Brasília, DF

Envio de manuscritos

Os manuscritos devem ser submetidos conforme instruções contidas no endereço: <http://www.sct.embrapa.br/seer>



INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- [Escopo e política](#)
- [Submissão e revisão](#)
- [Diretrizes para a organização de manuscritos](#)
- [Envio de manuscritos](#)

ISSN 1677-0420 versão
impressa

ISSN 1677-9452 versão online

Escopo e política

Brazilian Journal of Plant Physiology - BJPP (ISSN 0103-3131) é o periódico oficial da **Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal** e voltado para a publicação de trabalhos científicos originais nas várias áreas da Fisiologia Vegetal. BJPP publica trabalhos regulares, comunicações, minirrevisões e minirrevisões brasileiras. Essas minirrevisões são publicadas mediante convite, mas autores também podem consultar o Editor-Chefe para o envio de um artigo. Minirrevisões Brasileiras devem versar, preferentemente, sobre a fisiologia de plantas de ecossistemas tropicais naturais. BJPP publica artigos nas seguintes áreas de conhecimento:

Processos Bioquímicos (Metabolismo primário e secundário, e bioquímica)

Fotobiologia e Processos Fotossintéticos

Regulação Gênica, Transformação, Biologia Celular e Molecular

Nutrição Mineral de Plantas

Desenvolvimento, Crescimento e Diferenciação (Fisiologia de sementes, hormônios vegetais e morfogênese)

Fisiologia Pós-Colheita

Ecofisiologia/Fisiologia da Produção e Fisiologia do Estresse

Interações Planta-Microrganismos e Planta-Insetos

Instrumentação em Fisiologia Vegetal

BJPP somente publica trabalhos na língua inglesa, escritos de forma clara, concisa e fluente. Recomenda-se que o texto seja revisado por alguém fluente em inglês e familiarizado com terminologia e textos científicos. Os artigos enviados para publicação devem apresentar resultados novos e significantes. Isso é particularmente importante para trabalhos na área de Cultura de Células, Tecidos e Órgãos Vegetais, que devem basear-se em dados que contribuam para a compreensão da fisiologia de plantas. Simples experimentação sobre a aplicação de métodos já existentes não será considerada para publicação, tampouco trabalhos originados de experimentos do tipo dose-resposta, sem discussão com base fisiológica.

Submissão e revisão

A submissão de um manuscrito ao Editor-Chefe necessariamente implica no fato de que o trabalho não foi publicado ou que está sendo avaliado para publicação em outro periódico. Submissão de manuscritos de vários autores significa que o autor correspondente obteve a aprovação de todos os outros co-autores para submeter o manuscrito a BJPP. BJPP considera que todas as informações contidas em um artigo são de completa responsabilidade dos autores, inclusive a exatidão dos resultados e as conclusões deles extraíveis. Os autores devem enviar o manuscrito (em um único arquivo contendo texto como também tabelas, legendas para figuras e figuras) mediante e-mail para o Editor-Chefe. Solicita-se também aos autores que submetam um arquivo adicional contendo apenas o "abstract". Arquivos com extensão pdf ou doc (Word) são preferíveis.

Fotografias importantes ou essenciais para a compreensão dos resultados têm de ter alta qualidade. Ao submeter um manuscrito, o Editor-Chefe verificará se o trabalho está dentro do escopo de BJPP e se segue as diretrizes do periódico. Submissões que não respeitarem as diretrizes de BJPP serão devolvidas imediatamente aos autores para correção, antes de serem enviadas para revisão. Os manuscritos serão enviados a um Editor Associado, que escolherá revisores baseando-se em suas competências nas várias áreas especializadas da fisiologia vegetal. Quando da submissão, os autores poderão indicar até cinco revisores potenciais (com seus respectivos e-mails) com competência reconhecida na área de pesquisa do manuscrito. Todavia, ao Editor Associado é reservado o direito de não considerar essas sugestões. Os autores receberão uma carta do Editor-Chefe juntamente com as avaliações dos revisores. Manuscritos que necessitarem de revisão deverão ser retornados ao Editor-Chefe dentro de 30 dias; caso contrário, serão considerados como submissões novas. A versão revisada deverá ser enviada via e-mail e deve ser acompanhada de uma carta em que se responde aos questionamentos dos revisores e do editor. Os autores deverão justificar claramente quando não concordarem, ou quando não acatarem, um dado questionamento. Solicita-se aos autores que utilizem o aplicativo "Microsoft Word for Windows 95-2003" como processador de textos. Manuscritos rejeitados para publicação somente serão devolvidos aos autores se contiverem comentários importantes dos revisores que possam contribuir para as pesquisas do autor.

Diretrizes para a organização de manuscritos

Os autores deverão organizar o manuscrito na seguinte forma:

Manuscrito

Formatar o manuscrito, baseando-se em artigos recentemente publicados em BJPP. As páginas devem ser numeradas consecutivamente, inclusive figuras e tabelas. As linhas de cada página deverão ser numeradas para facilitar o trabalho de revisão. Na primeira página, inclua o título do manuscrito (em negrito, fonte 16, justificado à esquerda, com inicial maiúscula apenas para a primeira palavra - quando aplicável), os nomes dos autores (em negrito, fonte 12, justificado à esquerda) e afiliação (em itálico, fonte 12, justificado à esquerda). O autor correspondente deverá ser indicado por um asterisco. O "Abstract" não deve conter mais que 250 palavras. Os autores devem sugerir de três a seis palavras-chave (em ordem alfabética) que não constem no título. O texto deve ser digitado em espaço duplo, fonte "Times New Roman" (fonte 12) em apenas um lado do papel, com margens de 3 cm. Os manuscritos devem ser divididos em Introdução; Materiais e métodos; Resultados; Discussão; Agradecimentos; Referências; Tabelas; Legenda para figuras; e Figuras. Partes principais (e.g., Introdução, Resultados etc.) deverão estar em negrito, com letras maiúsculas e separadas do texto. Dentro dessas partes, subdivisões deverão estar em itálico, com apenas a letra inicial maiúscula. Apresentação conjunta de "Resultados e Discussão" só será aceita em circunstâncias excepcionais. A "Discussão" não deve conter repetição da descrição dos resultados. Nomes científicos deverão ser escritos em itálico. O nome científico completo (gênero, espécie, autoridade, e cultivar, quando apropriado) deverá ser citado para cada organismo, após a sua primeira menção. O epíteto genérico deverá ser abreviado após a primeira menção, desde que não resulte em conflito com abreviaturas para outros gêneros com a mesma letra inicial. Quando nomes comuns forem utilizados, deverão ser acompanhados dos respectivos nomes científicos após a primeira menção. Nomes de equipamentos especializados mencionados em "Material e métodos" deverão ser acompanhados de detalhes do modelo, fabricante, cidade e país de origem. Os nomes de enzimas deverão ser acompanhados de seu EC ("Enzyme Commission") após a primeira menção. Números de zero a nove deverão ser escritos por extenso, a menos que sejam acompanhados de uma unidade. Acima de dez, números deverão ser escritos com algarismos arábicos, exceto quando em início de frases. Datas deverão estar na forma "20 May 2006", e horas, na forma de 1200 h. Citações de literatura, ao longo do texto, deverão aparecer em ordem cronológica e, então, ordenadas por autor e ano (e.g.,

Styles, 1978; Meier and Bowling, 1995; Meier et al., 1997; Silva et al., 2004a, b). Não use "et al." em itálico. Sempre insira espaço entre um numeral e a unidade (por exemplo, 1 mL), com exceções de %, ‰ e oC (e.g., 1%). Apenas utilize o termo "in press" para artigos já aceitados para publicação, caso contrário, utilize a expressão "unpublished results". Observações não-publicadas ou comunicações pessoais devem ser mencionadas no texto (e.g., "T. Carter, personal communication"; "T. Carter and J. Spanning, unpublished results"). Evite citar teses. Títulos de periódicos devem ser abreviados de acordo com o "*Bibliographic Guide for Editors and Authors - BIOSIS*". O último fascículo de cada volume de BJPP contém abreviaturas para a maioria dos periódicos científicos relacionados à fisiologia vegetal e áreas afins.

"Short Communications"

"Short Communications" poderão ser publicadas, mas sem a intenção de publicação de resultados preliminares. Devem ser concisas e conter resultados significantes. Não devem ter mais que 10 páginas digitadas em espaço duplo, incluindo tabelas e figuras. Devem ser enviadas com a primeira página seguindo as orientações para manuscritos regulares, mas sem subdivisões. As referências deverão seguir o texto.

"Minireviews"

Em "Minireviews", os autores são livres para sugerir a estrutura do artigo, mas tabelas e figuras deverão seguir as diretrizes para a publicação de manuscritos em BJPP. "Minireviews" serão também avaliadas por revisores. Deverão ser apresentadas concisamente, com foco em assuntos relevantes de pesquisa em que se evidencie o estado-da-arte das informações disponíveis, devendo ainda servir de referência para estudos futuros. "Minireviews" deverão ser apresentadas em espaço duplo, contendo não mais que 20 páginas.

Referências

Referências de periódicos

Carelli MLC, Fahl JI, Ramalho JDC (2006) Aspects of nitrogen metabolism in coffee plants. *Braz. J. Plant Physiol.* 18:9-21.

Referências de livros

Salisbury FB, Ross CW (1992) *Plant Physiology*. 4th ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont.

Referências de capítulos de livros

Fujiwara K, Kozai T (1995) Physical and microenvironment and its effects. In: Aitken-Christie A, Kozai T, Smith MAL (eds), *Automation and Environmental Control in Plant Tissue Culture*, pp.301-318. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Anais de conferências e resumos publicados

Prisco JT, Pahlich E (1989) Recent advances on the physiology and salt stresses. In: *Annals (or Proceedings/Abstracts) of the II Reunião Brasileira de Fisiologia Vegetal*. Piracicaba, Brazil, pp.23-24.

Teses

Melotto E (1992) Characterization of endogenous pectin oligomers in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruit. Davis, University of California. PhD thesis.

Tabelas e Figuras

Figuras e tabelas não devem repetir dados e devem ser reduzidas ao mínimo necessário. Devem ser numeradas consecutivamente, com números arábicos e, no texto, menções

para tabelas e figuras devem aparecer na forma de "Table 1", "Figure 1", "Figure 1A"...Títulos para figuras e tabelas deverão estar também em espaço duplo. Utilize a formatação de tabelas usando células, não utilizando as teclas "tab" ou teclas de espaço para formatação. Utilize apenas linhas horizontais para a divisão das tabelas. Notas de rodapé para tabelas devem ser feitas com fonte de tamanho 10 e indicadas por meio de letras sobrescritas minúsculas, começando com a em cada tabela. Cada tabela e figura deve ser apresentada em página separada do manuscrito, e nunca devem ser incluídas no texto. Títulos de figuras devem ser digitados em uma página separada, antecedendo às páginas das figuras. Textos e números nas ordenadas das figuras não devem ser digitados com fonte de tamanho inferior a 10. Todas as figuras deverão ter tamanho que permita reprodução direta para impressão. Fotografias eletrônicas devem ser submetidas no tamanho desejado de impressão (85 mm de largura para uma coluna e até 175 mm para acompanhar a largura da página). BJPP reserva-se ao direito de reduzir o tamanho das figuras.

Unidades, símbolos e abreviaturas

O Sistema Internacional (SI) de unidades deve ser usado ao longo do manuscrito. Recomenda-se o livro ("Units, Symbols and Terminology for Plant Physiology", editado por F.B. Salisbury, Oxford University Press, Oxford) para uma descrição detalhada e útil sobre unidades, símbolos e terminologia utilizados em fisiologia vegetal e ciências afins. Resumidamente, use pascal (Pa) para pressão, L para litro, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para irradiância, becquerel (Bq) para radioatividade, *gn* (*g* em itálico) para aceleração devido à gravidade, s para segundo, min para minuto, h para hora, Da para indicar massa molecular, que é representada por *m* (massa molecular relativa de proteínas é o mesmo que peso molecular, *Mr*, e não deve ser acompanhado por Da; e.g., a massa molecular relativa *Mr* = 10,000), ψ_w para potencial hídrico, (ψ_p para potencial de pressão, ψ_s para potencial osmótico, e ψ_m para potencial mátrico. O último fascículo de cada volume de BJPP contém vários símbolos e unidades usadas em fisiologia vegetal. Recomendam-se abreviaturas apenas para unidades de medida, símbolos químicos (e.g., Fe, Na), nomes de substâncias químicas (e.g., ATP, MES, HEPES, H₂SO₄, NaCl, CO₂), procedimentos corriqueiros (e.g., PCR, PAGE, RFLP), terminologia molecular (e.g., bp, SDS) ou termos estatísticos (e.g., ANOVA, SD, SE, *n*, *F*, teste *t* e *r*²). Outras abreviaturas devem ser escritas por extenso após a primeira menção, não devendo ser utilizadas em início de frases. Abreviações de termos científicos não devem ser seguidas de ponto. Use o índice *menos* para indicar "por" (e.g., m⁻³, L⁻¹, h⁻¹), exceto nos casos "por planta", "por vaso". O autor poderá fornecer, caso julgue conveniente, uma lista de abreviaturas, como um Apêndice.

Ilustrações

Fotografias devem ter alta qualidade e incluídas no fim do texto. O número de fotografias deve ser reduzido ao mínimo. Linhas nas figuras devem ter espessuras uniformes. Texto e números devem ter dimensões apropriadas.

Provas de imprensa

Autores devem devolver as provas de imprensa de seus manuscritos dentro de três dias após o recebimento. Não serão aceitas alterações extensas.

Separatas

Os autores receberão um arquivo em formato PDF como separata.

Custos de página

Não há custos para os autores ao publicarem seus manuscritos em BJPP.

Envio de manuscritos

Manuscritos devem ser enviados preferentemente por e-mail para:

Fábio M. DaMatta
Brazilian Journal of Plant Physiology, Editor-Chefe
Departamento de Biologia Vegetal
Universidade Federal de Viçosa
36570-000 Viçosa, MG
Brasil
E-mail: bjpp@ufv.br
Fax: +55.31.3899.2580

ANEXO II

ANÁLISES REALIZADAS NO SOLO

Análise Física do Solo

Composição granulométrica (%)					
Areia	Argila	Silte	Silte/Argila	Arg. Nat	Classif. Textural
79,4	12,6	8,0	0,63	10,6	Franco arenoso

Grau Floc. (%)	Densidade (g/cm ³)		Pososidade P. total (%)	Umidade (%)			Cond. Hidráulica (cm/h)
	Solo	Partícula		1/3 atm	15 atm	Água disponível	
15,87	1,20	2,56	53,12	11,15	6,92	4,23	84,77

Análise realizada no Laboratório de Física do Solo, Depto. de Agronomia – UFRPE.

Análise de Fertilidade de Solo

pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺² + Mg ⁺²	Ca ⁺²	Al ⁺³
(água – 1:2,5)	(mg/dm ³)	----- (cmol/dm ³) -----				
7,4	112	3,78	1,56	7,60	6,75	0,00

Análise realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo, Depto. de Agronomia – UFRPE.