

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE DÉFICITS HÍDRICOS DO SOLO
SOBRE O CRESCIMENTO E O DESENVOLVIMENTO DE
MUDAS DE CEDRO E DE PEROBA-ROSA**

**José Carlos Pinto^{*}, Paula Toshimi Matumoto-Pinto,
Sueli Sato Martins e Luiz Antônio de Souza⁺**

RESUMO. A influência de diferentes níveis de déficits hídricos do solo sobre o crescimento e o desenvolvimento de duas espécies nativas da região noroeste do Estado do Paraná foi estudada sob condições controladas. As mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo) e de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Müller Argoviensis) foram cultivadas durante 120 e 210 dias, respectivamente. Os tratamentos previstos corresponderam a três níveis de disponibilidade de água para as plantas: tratamento 1 (T-1) com umidade do solo entre 100% e 40% da capacidade de campo (CC), tratamento 2 (T-2) com umidade do solo entre 100% e 70% da CC, tratamento 3 (T-3) com umidade do solo na CC. Como parâmetros de crescimento e o desenvolvimento foram avaliados: o número de folhas, a área foliar e a matéria seca das folhas e das raízes. O déficit hídrico do solo (T-1) afetou o crescimento e o desenvolvimento das mudas de *Cedrela fissilis*, com redução significativa dos valores dos parâmetros estudados. Por outro lado, as mudas de *Aspidosperma polyneuron* não foram afetadas pelo déficit hídrico do solo. Ficou demonstrado que *Aspidosperma polyneuron* tolerou melhor o déficit hídrico do solo em relação à *Cedrela fissilis*, provavelmente devido a uma adaptação morfo-fisiológica mais eficiente.

Palavras-chave: déficit hídrico, *Cedrela fissilis*, *Aspidosperma polyneuron*, crescimento, desenvolvimento.

^{*} Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

⁺ Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

Correspondência para José Carlos Pinto.

Data de recebimento: 19/06/97.

Data de aceite: 26/08/97.

EFFECT OF DIFFERENT SOIL WATER STRESS LEVELS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF *Cedrela fissilis* Vellozo AND *Aspidosperma polyneuron* Müller Argoviensis

ABSTRACT. The influence of different levels of soil water stress on the growth and development of two native species from the northwest region of the State of Paraná was investigated under controlled conditions. The *Cedrela fissilis* Vellozo and *Aspidosperma polyneuron* Müller Argoviensis seedlings were cultivated during 120 and 210 days respectively. The foreseen treatments corresponded to 3 water levels available for plants: treatment 1 (T-1) with soil moisture between 100% and 40% of field capacity (FC); treatment 2 (T-2) with soil moisture between 100% and 70% of field capacity (FC); treatment 3 (T-3), with soil moisture of field capacity (FC). As parameters for the seedling growth and development the number of leaves, the leafage area, the dry matter of leaves and roots were evaluated. The soil water stress (T-1) affected growth and development of *Cedrela fissilis* resulting in significant reduction of the values of the parameters studied. On the other hand, the soil water stress did not affect the *Aspidosperma polyneuron* seedlings. Their better tolerance to water stress in relation to *Cedrela fissilis* may be justified by an efficient morpho-physiological adaptation.

Key words: water stress, *Cedrela fissilis*, *Aspidosperma polyneuron*, growth, development.

INTRODUÇÃO

O ecossistema natural e estável da região noroeste do Estado do Paraná era constituído de florestas tropicais, caracterizando-se pela multiplicidade das espécies em pequenas áreas, pelo ciclo vegetativo contínuo ou quase contínuo (Iapar, 1990). O processo de colonização a que foi submetido o Estado nos últimos 50 anos levou a sérias consequências em termos de uso dos solos e das águas. A falta de planificação na ocupação do território resultou numa redução drástica da cobertura vegetal de 87% para menos de 10% (Paraná, 1994). Como resultado, houve o desaparecimento quase que completo das espécies vegetais nativas e ecologicamente importantes, dentre as quais podemos citar o cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo) e a peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Müller Argoviensis).

As rochas eruptivas e, principalmente, o arenito caiué (71,4% da área total) foram as responsáveis pela formação dos solos da região noroeste. Dentre os quais podemos citar: Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo

Vermelho Amarelo, Podzólico Vermelho Amarelo e Areias Quartzosas (Embrapa, 1984). Logo após o desmatamento, os solos da região apresentavam boa fertilidade aparente. Com o uso contínuo e inapropriado, tornaram-se depauperados em prazo relativamente curto (Iapar, 1990). A classe de solo Podzólico Vermelho Amarelo apresenta baixa fertilidade natural, forte suscetibilidade à erosão e apresentaria boa aptidão agrícola para pastagens, mas atualmente a capacidade de suporte animal é baixa (Iapar, 1990). As Areias Quartzosas apresentam alta suscetibilidade à erosão, com riscos de formação de voçorocas, apesar de a topografia ser praticamente plana (Embrapa, 1984). Estes solos são considerados inaptos para o uso de lavouras e restritos para pastagens. O uso mais indicado é para reflorestamento.

O início do processo de reflorestamento com as essências nativas, nas duas classes de solos citadas anteriormente, requer um estudo sobre a capacidade das espécies em se adaptar às diferentes condições de disponibilidade de água no solo, propiciando menor perda das mudas por ocasião do transplante e maior rapidez do processo de restauração do equilíbrio ecológico.

O déficit hídrico nas plantas é causado pela excessiva perda de água (transpiração), pela absorção insuficiente ou pela combinação de ambos os processos (Kramer, 1969). O déficit hídrico ocorre durante o dia, devido à taxa de transpiração ser maior do que a taxa de absorção. À noite, se houver disponibilidade de água no solo, o equilíbrio hídrico da planta é reestabelecido, caso contrário, a cada dia que passa, aumenta o déficit hídrico da planta (Slatyer, 1967). Em geral, a água no solo está disponível para as plantas entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP). Entretanto, o crescimento/desenvolvimento das plantas é controlado diretamente pelo nível do déficit hídrico da planta e indiretamente pelo nível do déficit hídrico do solo (Kramer, 1969). O déficit hídrico na planta afeta praticamente todos os aspectos do crescimento/desenvolvimento (Castell e Terradas, 1994), não só modificando a anatomia e a morfologia (Kramer, 1969; Kubiske e Abrams, 1992; Socias e Medrano, 1994), como também interferindo em muitas reações metabólicas (Hanson e Hitz, 1982; Epron e Dreyer, 1993; Spollen e Nelson, 1994). A falta de água reduz a pressão de turgor, a área celular e, conseqüentemente, a área foliar (McGree e Davis, 1974; Thakur e Thakur, 1993; Ismail *et al.*, 1994). Outros parâmetros do crescimento/desenvolvimento, como o número de folhas, também são

afetados pelo déficit hídrico (Socias e Medrano, 1994; Busso e Richards, 1995). Por outro lado, o excesso de umidade no solo também é prejudicial, devido à redução da disponibilidade de oxigênio para as raízes das plantas (Geisler, 1964; Musgrave, 1994).

O objetivo do presente trabalho foi estudar a influência de diferentes valores de disponibilidade de água no solo sobre o crescimento/desenvolvimento de duas espécies nativas (cedro e peroba-rosa) da região noroeste do Estado do Paraná, contribuindo para aprofundar os conhecimentos sobre a auto-ecologia e o cultivo experimental destas essências.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das sementes e formação das mudas

As sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo) e de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Müller Argoviensis) foram coletadas em julho de 1987, respectivamente, na fazenda experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá e na fazenda Paraguassu em Guaporema, Paraná, onde permaneceram armazenadas em câmara de refrigeração, à temperatura de 15°C. Em setembro de 1988, foram desinfetadas com NaOH 1% e a germinação foi feita em substrato de areia lavada. Periodicamente foram efetuadas irrigações para manter a disponibilidade de água para as plântulas.

Substrato para a condução do experimento

Para o cultivo das mudas, durante o experimento, foi utilizado substrato com a seguinte composição:

- 50% de terra de mata;
- 40% de terra roxa estruturada;
- 5% de bagaço de cana triturado, semi decomposto;
- 5% de areia lavada.

Todos os componentes do substrato foram peneirados, utilizando-se peneira de 2 mm. Após a homogeneização, retirou-se uma amostra para análise química (EMBRAPA, 1979), cujo o resultado é apresentado na Tabela 1. O valor máximo de retenção de umidade foi de 48%, definido como capacidade de campo (CC), determinado pelo método da mesa de tensão (Kiehl, 1979).

Tabela 1. Resultado da análise química do substrato utilizado.

pH H ₂ O	pH CaCl ₂	H+Al	Al	Ca+Mg	Ca	K	P	C _{org}	S	CTC	V%
			cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³	g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³		
6,0	5,4	4,1	0,0	12,4	10,2	0,5	16	36,4	12,9	17,0	75

Montagem do experimento

O experimento foi conduzido sob condições controladas de temperatura e de umidade no substrato em casa de vegetação. As mudas de cedro e de peroba-rosa, após a germinação, foram transferidas para vasos plásticos perfurados com capacidade para 8L. Os vasos, com uma muda cada, foram irrigados periodicamente, durante 15 dias, de modo a manter o substrato com umidade próxima à CC para propiciar o pegamento das mudas.

Tratamentos e condução do experimento

Os tratamentos previstos corresponderam a três níveis de disponibilidade de água para as plantas:

Tratamento 1 (T-1): variação do teor de umidade do solo entre 100 e 40% da CC;

Tratamento 2 (T-2): variação do teor de umidade do solo entre 100 e 70% da CC;

Tratamento 3 (T-3): teor de umidade no solo mantido próximo a CC.

Diariamente efetuou-se a medida da perda de água do substrato, devido à evapotranspiração, através do método da pesagem (gravimétrico). Cada vaso foi colocado sobre a balança. Quando o peso da unidade experimental (vaso, substrato, planta e água) atingiu valores correspondentes a 40 e 70% da CC, respectivamente, tratamentos T-1 e T-2, adicionou-se água na parte superficial do substrato em quantidades correspondentes para reestabelecer a umidade na CC. A formação da frente de molhamento foi no sentido vertical de cima para baixo. Durante a fase experimental, não foi considerado o incremento da matéria fresca das mudas. Como o tempo é um fator relativo, para efeito de cálculo, a data do início do experimento foi considerada como tempo igual a zero. O experimento foi iniciado em outubro de 1988 e teve duração de 120 dias para *Cedrela fissilis* e de 210 dias para *Aspidosperma polyneuron*.

Os diferentes períodos de condução são justificados devido às diferentes taxas de crescimento entre as espécies: cedro mais rápida e peroba-rosa mais lenta. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 12 repetições, totalizando 36 vasos para cada espécie estudada.

Parâmetros analisados

a) Número de folhas

Foram efetuadas 5 e 7 contagens do número de folhas, respectivamente, para cedro e para peroba-rosa, com um intervalo de 30 dias.

b) Área foliar e matéria seca das folhas

No final do período experimental, foi determinada a área foliar através do método do “papel heliográfico”. As folhas foram destacadas e colocadas sobre o papel heliográfico ficando presas entre duas lâminas de vidro. Após uma rápida exposição ao sol, a superfície do papel heliográfico, em contato com as folhas, apresentou coloração diferente em relação à superfície sem folhas. O papel foi recortado no limite da superfície das folhas, sendo estas colocadas em estufa de circulação de ar, forçada a 80°C, durante 72h, para a determinação da matéria seca. Através do cálculo da regra de três simples, determinou-se a área foliar de cada planta, comparando-se o peso total do papel heliográfico recortado com um peso determinado de papel heliográfico de área conhecida.

c) Matéria seca das raízes

O solo aderido à superfície das raízes foi retirado (eliminado), lavando-se as raízes com água corrente e abundante sobre uma peneira de 2 mm até a separação total das raízes. O sistema radical foi separado do caule. Após, foi colocado em estufa para a determinação da matéria seca.

RESULTADOS

a) Número de folhas

A média do número de folhas das plantas de cedro e peroba não diferiu significativamente entre os tratamentos na época do início do

experimento (Tabela 2). Após 30 e 60 dias, os valores médios do número de folhas de cedro no T-1 foram significativamente inferiores em relação aos demais tratamentos. Após este período, não mais foi constatada diferença significativa entre os tratamentos. Para peroba-rosa, somente foi constatada diferença significativa aos 180 dias de cultivo, sendo que o tratamento T-2 apresentou valor significativamente superior em relação aos demais tratamentos (Tabela 2). No entanto, observou-se que, a partir de 120 dias de cultura, os menores valores numéricos foram verificados no tratamento com maior disponibilidade de água no solo (T-3).

Tabela 2. Número médio de folhas de mudas de *Cedrela fissilis* e de *Aspidosperma polyneuron* submetidas a diferentes níveis de disponibilidade de água no solo.

Tratamentos	tempo do início do experimento (dias)	número de folhas ¹	
		<i>Cedrela fissilis</i>	<i>Aspidosperma polyneuron</i>
T-1 (100-40% CC)	0	4a	9a
T-2 (100-70% CC)		5a	8a
T-3 (100% CC)		5a	11a
T-1	30	8b	14a
T-2		10a	14a
T-3		11a	14a
T-1	60	11b	22a
T-2		14a	23a
T-3		14a	24a
T-1	90	13a	38a
T-2		12a	41a
T-3		13a	45a
T-1	120	12a	60a
T-2		11a	60a
T-3		11a	51a
T-1	150		68a
T-2			68a
T-3			56a
T-1	180		54b
T-2			72a
T-3			44b
T-1	210		64a
T-2			62a
T-3			56a

¹ Para cada espécie, num mesmo período de tempo, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

b) Área foliar

As médias de área foliar das plantas de cedro apresentaram valores crescentes em função do aumento da disponibilidade de água no solo (Tabela 3). O tratamento T-1, com menor disponibilidade de água, apresentou valor de área foliar significativamente inferior em relação aos demais tratamentos, T-2 e T-3, que por sua vez não diferiram significativamente entre si, mas que numericamente foi superior em T-3. Para peroba-rosa, o maior valor de área foliar foi constatado no tratamento T-2, que diferiu significativamente de T-1, mas não diferiu de T-3 (Tabela 3).

Tabela 3. Área foliar média de mudas de *Cedrela fissilis* e de *Aspidosperma polyneuron* submetidas a diferentes níveis de disponibilidade de água no solo.

Tratamentos	área foliar (dm ²) ¹	
	dias de cultura	
	120	210
	<i>Cedrela fissilis</i>	<i>Aspidosperma polyneuron</i>
T-1	34,0b	5,4b
T-2	52,7 a	6,3 a
T-3	54,3 a	5,5ba

¹ Para cada espécie, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

c) Matéria seca das folhas

Os valores médios da matéria seca de folhas são apresentados na Tabela 4. No tratamento com menor disponibilidade de água, T-1, as plantas de cedro apresentaram valor significativamente inferior em relação aos demais tratamentos, sendo que estes não diferiram entre si. Para peroba-rosa, a melhor resposta numérica foi constatada no tratamento T-2, que diferiu significativamente de T-1.

d) Matéria seca das raízes

O valor médio da matéria seca de raízes de cedro foi significativamente inferior no tratamento T-1 (Tabela 5). Para peroba-

rosa, entretanto, não foi constatada diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 4. Matéria seca das folhas de mudas de *Cedrela fissilis* e de *Aspidosperma polyneuron* submetidas a diferentes níveis de disponibilidade de água no solo.

Tratamentos	matéria seca (g) ¹	
	dias de cultura	
	120	210
	<i>Cedrela fissilis</i>	<i>Aspidosperma polyneuron</i>
T-1	8,3b	2,9b
T-2	12,8 a	3,4 a
T-3	13,2 a	3,0ba

¹ Para cada espécie, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Matéria seca das raízes de mudas de *Cedrela fissilis* e de *Aspidosperma polyneuron* submetidas a diferentes níveis de disponibilidade de água no solo.

Tratamentos	matéria seca (g) ¹	
	dias de cultura	
	120	210
	<i>Cedrela fissilis</i>	<i>Aspidosperma polyneuron</i>
T-1	8,9b	1,7a
T-2	18,0 a	1,8a
T-3	19,0 a	1,9a

¹ Para cada espécie, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

DISCUSSÃO

Em geral, plantas submetidas ao déficit hídrico respondem com redução do número de folhas em relação àquelas com adequado suprimento hídrico. Clough e Milthorpe (1975), cultivando plântulas de *Nicotiana tabacum* L., observaram, 44 dias após a germinação, que as plantas do controle (sem déficit hídrico) apresentaram uma média de 32 folhas por planta, ao passo que, nas plântulas submetidas ao déficit hídrico, a média foi de 24 folhas. A mesma tendência dos resultados foi

constatada por Yegappan *et al.* (1980) em *Helianthus annuus* L., por Bonano e Mack (1983) em *Phaseolus vulgaris* L., por Socias e Medrano em *Trifolium subterraneum* sp. Os resultados do presente trabalho demonstraram que para *Cedrela fissilis* as médias do número de folhas no tratamento T-1, com maior nível de déficit hídrico no solo, 30 e 60 dias após o início do experimento, diferiram significativamente em relação aos demais tratamentos com maior disponibilidade de água no solo. É de se supor então que, durante este período, a intensidade do déficit hídrico foi suficiente para afetar o processo de formação das folhas. Nos períodos subseqüentes, não foi mais verificada diferença significativa entre os tratamentos, havendo, inclusive, tendência de estabilização do número de folhas. Isso poderia ser justificado pelo equilíbrio entre a formação e a abscisão das folhas.

Os resultados do número de folhas de *Aspidosperma polyneuron* não diferiram significativamente entre os tratamentos. A exceção foi verificada aos 180 dias de cultivo no tratamento T-2 (Tabela 2). Read e Bartlett (1972), cultivando *Glycine max*, também não constataram diferença significativa do número de folhas em 5 níveis diferentes de umidade do solo, durante o período experimental. Rawson *et al.* (1980), em condições de cultivo a campo, obtiveram resultados semelhantes em *Helianthus annuus* L.. Apesar de não ter ocorrido diferença significativa entre os tratamentos, constatou-se que, a partir dos 120 dias de cultivo, no tratamento T-3, com menor déficit hídrico, as mudas de *Aspidosperma polyneuron* apresentaram menor valor numérico do número de folhas (Tabela 2). Desse modo é de se supor que *Aspidosperma polyneuron* seria mais sensível ao excesso de disponibilidade de água no solo, tendo em vista as condições mais restritas de disponibilidade de oxigênio para as raízes (Geisler, 1964), afetando a atividade das raízes em sintetizarem hormônios (Went, 1943) responsáveis pela formação de novas folhas.

O déficit hídrico, em geral, reduz a pressão de turgor, o alongamento celular, a área celular e, conseqüentemente, a área foliar (Slatyer, 1967). Karamanos (1978) obteve um coeficiente de correlação linear altamente significativo entre aumentos da área foliar de *Vicia faba* e valores menos negativos do potencial hídrico das folhas. Os resultados do presente estudo demonstraram que a área foliar de *Cedrela fissilis* foi significativamente afetada pelo déficit hídrico. No tratamento T-1, com umidade do solo variando de 100 a 40% da capacidade de campo (CC), a área foliar sofreu redução de 37% em relação ao controle (Tabela 3). No

tratamento T-2, com umidade do solo variando de 100 a 70% da CC, não houve diferença significativa. A redução foi de apenas 3%. SantaCruz e Cock (1984) observaram, em plantas de *Manihot esculenta* Crantz, que a redução da área foliar foi relacionada com redução do potencial hídrico das folhas. Menores valores de área foliar devido ao déficit hídrico, em relação ao controle, foram também constatados por Thakur e Thakur (1993) em *Lycopersicon esculentum*, por Socias e Medrano (1994) em *Trifolium subterraneum*, por Ismail *et al.* (1994) em *Vigna unguiculata*.

Nas condições de estudo do presente trabalho, os tratamentos de déficit hídrico do solo não afetaram a expressão da área foliar de mudas de *Aspidosperma polyneuron* (Tabela 3), ao contrário do que aconteceu com *Cedrela fissilis*. É de se supor que o metabolismo fisiológico de *Aspidosperma polyneuron* seja mais eficiente e consegue adaptar-se melhor às condições de déficit hídrico do solo, mantendo o conteúdo hídrico na planta suficiente para não afetar a expansão da área foliar. Desse modo, confirma-se a hipótese de que o crescimento desta espécie é controlado diretamente pelo déficit hídrico da planta e indiretamente pelo déficit hídrico do solo (Kramer, 1969). A não constatação de diferenças significativas de valores de área foliar entre plantas submetidas ao déficit hídrico com as do controle foi também verificado por Espinoza (1982) em *Zea mays*, por Epron e Dreyer (1993) em *Quercus robur* e *Quercus petraea*. Deve ser ressaltado que, além da espécie, as condições experimentais (nível do déficit hídrico, condições de cultura, duração do experimento, ...) são também importantes para o estabelecimento ou não das diferenças.

A fotossíntese, a transpiração, a respiração e a produção de matéria seca são processos fisiológicos estreitamente correlacionados. Com o déficit hídrico, ocorre redução da taxa fotossintética (Boyer, 1976) e aumento da respiração (Kramer, 1969). Como consequência, a taxa de crescimento, expressa como produção de matéria seca, é reduzida (Shaw e Laing, 1965). Os valores de matéria seca das folhas (Tabela 4) e das raízes (Tabela 5) das mudas de *Cedrela fissilis* sofreram redução com o aumento do déficit hídrico do solo. No tratamento T-1, os valores de redução foram de 37 e de 53%, respectivamente, para folhas e raízes, em relação ao controle. Na condição de déficit hídrico menos intenso (T-2), não houve redução significativa. A redução da produção de matéria seca, devido ao déficit hídrico, foi também constatada por Kumar *et al.* (1994) em *Brassica juncea*, por Socias e Medrano (1994) em *Trifolium subterraneum*, por Kimani *et al.* (1994) em *Cajanus cajan*, entre outros.

Apesar da fotossíntese e da respiração não terem sido avaliadas, é de se supor que estes dois processos foram afetados pelo déficit hídrico, resultando numa menor produção de matéria seca das mudas de *Cedrela fissilis*. O contrário foi constatado para *Aspidosperma polyneuron*, onde os valores de matéria seca das folhas (Tabela 4) e das raízes (Tabela 5) não diferiram significativamente entre os tratamentos. Os valores de déficit hídrico do solo parecem não ter afetado o conteúdo hídrico das plantas para a produção de matéria seca, ou deve ter havido uma adaptação morfo-fisiológica no sentido de reduzir o impacto do déficit hídrico (Levitt, 1972).

As equações de regressão entre a variável independente (umidade do solo) e as variáveis dependentes analisadas (Tabela 6) demonstraram que existiram correlações lineares positivas para *Cedrela fissilis*. No entanto, para *Aspidosperma polyneuron*, as regressões foram de formas polinomiais, exceto para matéria seca das raízes. A partir destes resultados, seria possível classificar *Cedrela fissilis* como sendo uma espécie mais sensível ao déficit hídrico do solo em relação à *Aspidosperma polyneuron*, porque as melhores respostas do crescimento foram constatadas no tratamento T-3, onde o solo foi mantido com umidade na capacidade de campo. Já para *Aspidosperma polyneuron*, as melhores respostas foram obtidas com valores de umidade inferior à capacidade de campo, demonstrando uma melhor capacidade para tolerar déficit hídrico.

Tabela 6. Equações de regressão entre a variável independente (umidade no solo) e as variáveis dependentes analisadas (parâmetros de crescimento) para as duas espécies florestais estudadas.

Variável independente (umidade no solo) (x)	Variável dependente (Y)	Equação de regressão	
<i>Cedrela fissilis</i>			
umidade no solo	número de folhas	$Y=9,03+0,02x$	$R^2=0,92^{**}$
umidade no solo	área foliar	$Y=23,34+0,34x$	$R^2=0,81^{**}$
umidade no solo	matéria seca folhas	$Y=5,68+0,08x$	$R^2=0,81^{**}$
umidade no solo	matéria seca raízes	$Y=3,50+0,17x$	$R^2=0,83^{**}$
<i>Aspidosperma polyneuron</i>			
umidade no solo	número de folhas	$Y=23,91704+0,62948x-0,00497x^2$	$R^2=0,68^*$
umidade no solo	área foliar	$Y=1,58304+0,13454x-0,00095x^2$	$R^2=0,99^{**}$
umidade no solo	matéria seca folhas	$Y=0,9385+0,0714x-0,00051x^2$	$R^2=0,99^{**}$
umidade no solo	matéria seca raízes	$Y=1,4956+0,054x$	$R^2=0,98^{**}$

- ** significativo ao nível de 1% de probabilidade.
* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

1. O crescimento e o desenvolvimento das mudas de *Cedrela fissilis* foi significativamente afetados pelos diferentes níveis de déficit hídrico do solo, estudados no presente trabalho.
2. Quando o nível de déficit hídrico do solo variou de 100 a 40% da capacidade de campo (T-1), os valores do número de folhas, da área foliar e da matéria seca das folhas e das raízes das mudas de *Cedrela fissilis* foram significativamente inferiores em relação aos demais tratamentos (variação da umidade de 100 a 70% da CC, T-2, e umidade do solo na CC, T-3). No entanto, para as mudas de *Aspidosperma polyneuron*, as melhores respostas foram constatadas no tratamento T-2.
3. As equações de regressão entre umidade do solo e os parâmetros de crescimento/desenvolvimento estudados foram lineares para a espécie *Cedrela fissilis* e polinomiais para *Aspidosperma polyneuron*. O melhor teor de umidade do solo para o crescimento/desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis* foi de 100% da CC, enquanto que para *Aspidosperma polyneuron* o teor ficou entre 70-80% da CC. A espécie *Aspidosperma polyneuron* tolerou mais eficientemente o déficit hídrico em relação à *Cedrela fissilis*, provavelmente devido a uma melhor adaptação morfo-fisiológica. Isso deve ser levado em consideração quando da execução de programas de florestamento/reflorestamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONANNO, A.R. & MACK, H.J. Water relations and growth of snap beans as influenced by differential irrigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 108(5):837-844, 1983.
- BOYER, J.S. Water deficits and photosynthesis. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.). *Water deficits and plant growth*. New York: Academic Press, 1976. p. 153-190.
- BUSSO, C.A. & RICHARDS, J.H. Drought and clipping effects on tiller demography and growth of two tussock grasses in Utah. *J. Arid Environ.*, 29:239-251, 1995.

- CASTELL, C. & TERRADAS, J. Effects of water and nutrient availability on water relations, gas exchange and growth rate of mature plants and resprouts of *Arbutus unedo* L. *An. Bot.*, 73:595-602, 1994.
- CLOUGH, B.F. & MILTHORPE, F.L. Effects of water deficit on leaf development in tobacco. *Aust. J. Plant Physiol.*, 2:291-300, 1975.
- EMBRAPA. *Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná*. Curitiba: EMBRAPA/SNLCS/SUDESUL/IAPAR, Boletim técnico 57, 1984.
- EMBRAPA. *Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. Manual de métodos de análises de solos*. Rio de Janeiro: [s.n.], 1979.
- EPRON, D. & DREYER, E. Long-term effects of drought on photosynthesis of adult oak trees (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L.) in a natural stand. *New Phytol.*, 125:381-389, 1993.
- ESPINOZA, W. Resposta de doze cultivares de milho ao déficit hídrico num latossolo do distrito federal. *Pesq. Agropec. Bras.*, 17(6):905-915, 1982.
- GEISLER, G. Effect of different water pretreatments on potential transpiration. *Plant Physiol.*, 39:216-219, 1964.
- HANSON, A.D. & HITZ, W.D. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 33:163-203, 1982.
- IAPAR. *Conservação do solo em sistemas de produção nas microbacias hidrográficas do arenito caiuaá, Paraná. 1. Clima, solo, estrutura agrária e perfil da produção agropecuária*. Londrina: [s.n.], 1990.
- ISMAIL, A.M., HALL, A.E. & BRAY, E.A. Drought and pot size effects on transpiration efficiency and carbon isotope discrimination of cowpea accessions and hybrids. *Aust. J. Physiol.*, 21:23-35, 1994.
- KARAMANOS, A.J. Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba* L.) in the field: Leaf number and total leaf area. *Ann. Bot.*, 42:1393-1402, 1978.
- KIEHL, E.J. *Manual de edafologia: relações solo-planta*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.
- KIMANI, P.M., BENZONI, A. & VENTURA, M. Genetic variation in pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.) in response to successive cycles of water stress. *Plant and Soil.*, 158:193-201, 1994.
- KRAMER, P.J. *Plant and soil water relationships: a modern synthesis*. New York: McGraw-Hill, 1969.
- KUBISKE, M.E. & ABRAMS, M.D. Photosynthesis, water relations, and leaf morphology of xeric versus mesic *Quercus rubra* ecotypes in central Pennsylvania in relation to moisture stress. *Can. J. For. Res.*, 22:1402-1407, 1992.
- KUMAR, A., SINGH, D.P. & SINGH, P. Influence of water stress on photosynthesis, transpiration, water use and yield of *Brassica juncea* L. *Field Crops Res.*, 37:95-101, 1994.
- LEVITT, J. Stress interactions-back to future. *Hort. Sci.*, 25:1363-1365, 1972.

- McGREE, K.J. & DAVIS, S.D. Effects os water stress and temperature on leaf size and on size and number of epidermal cells in grain sorghum. *Crop Sci.*, 14:751-755, 1974.
- MUSGRAVE, M.E. Waterlogging effects on yield and photosynthesis in eight wheat cultivars. *Crop Sci.*, 34:1314-1318, 1994.
- PARANA. *Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo*. Curitiba: [s.n.], 1994.
- RAWSON, H.M., CONSTABLE, G.A. & HOWE, G.N. Carbon production of sunflower cultivars in field and controlled environments. II. Leaf growth. *Aust. J. Plant Physiol.*, 7:575-586, 1980.
- READ, D.J. & BARTLETT, E.M. The physiology of drought resistance in the soybean (*Glycine max*). I. The relationships between drought resistance and growth. *J. App. Ecol.*, 9:487-499, 1972.
- SANTACRUZ, S.D. & COCK, J.H. Estudios fisiológicos de la hoja de yuca, *Manihot esculenta* Crantz, bajo condiciones de sequia. *Acta Agron.*, 34(1):26-31, 1984.
- SHAW, R.H. & LAING, D.R. Moisture stress and plant response. In: PIERRE, W.H., KIRKHAM, D., PESEK, J. & SHAW, R. (ed.). *Plant environment and efficient water use*. Madison: American Society of Agronomy and Soil Science, 1965. p. 73-94.
- SLATYER, R.O. *Plant-water relationships*. London: Academic Press, 1967.
- SOCIAS, F.X. & MEDRANO, H. Drought acclimation in field growing subterranean clover plants. *Agronomie*, 2:141-148, 1994.
- SPOLEN, W.G. & NELSON, C.J. Response of fructan to water deficit in growing leaves of tall fescue. *Plant Physiol*, 106:329-336, 1994.
- THAKUR, P.S. & THAKUR, A. Influence of triacontanol and mixtalol during plant moisture stress in *Lycopersicon esculentum* cultivars. *Plant Physiol. Biochem.*, 31(3):433-439, 1993.
- WENT, F.W. The air-conditioned greenhouse at the California Institute of Technology. *Am. J. Bot.*, 30:157-163, 1943.
- YEGAPPAN, T.M., PATON, D.M., GATES, C.T. & MULLER, W.J. Water stress in sunflower (*Helianthus annuus L.*). I. Effect on plant development. *Ann. Bot.*, 46:61-70, 1980.