

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

DIEGO BELLETATO STABILLE

DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE SOJA SOB DÉFICIT HÍDRICO

**Uberlândia – MG
Junho – 2011**

DIEGO BELLETATO STABILLE

DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE SOJA SOB DÉFICIT HÍDRICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Cláudio Ricardo da Silva

**Uberlândia – MG
Junho – 2011**

DIEGO BELLETATO STABILLE

DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE SOJA SOB DÉFICIT HÍDRICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 7 de junho de 2011.

Prof. Dr. Roberto Terumi Atarassi (UFU)
Membro da Banca

Eng. Agro. Fernando Oliveira Franco (UFU)
Membro da Banca

Prof. Dr. Cláudio Ricardo da Silva (UFU)
Orientador

RESUMO

A soja *Glycine max* (L.) Merrill é uma das culturas agrícolas de maior importância no país, necessitando de desenvolvimento de cultivares tolerantes aos déficits hídricos, pois a sua ocorrência é uma das principais causas de perdas agrícolas na região. Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar cultivares (Milionária, Impacta, Xavante, Riqueza e Guarani) de soja sob diferentes níveis de água disponível no solo (10, 30, 60 e 100%). O experimento foi conduzido em casa de vegetação no município de Uberlândia – MG. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (5 x 4) representado por cinco cultivares e quatro níveis de água disponível no solo, totalizando 80 parcelas (vasos). O monitoramento da irrigação foi realizado diariamente através do método de pesagem dos vasos. Foi avaliada a altura de plantas e matéria seca da parte aérea acumulada no estágio vegetativo da cultura. Verificou-se também a eficiência do uso da água (EUA). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de regressão e as médias comparadas pelo teste de Tukey. As cultivares Xavante e Guarani responderam a maior altura e na produção de matéria seca, assim pode-se inferir que as cultivares Xavante e Guarani apresentaram melhores desempenhos em relação às características avaliadas sobre as demais cultivares em teste. Porém a cultivar Impacta obteve a menor perda relativa quanto à matéria seca quando submetida ao déficit hídrico, indicando que é a cultivar mais insensível ao déficit hídrico.

Palavras chave: *Glycine max*; estresse hídrico, manejo de irrigação.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 A cultura da soja.....	7
2.2 Déficit hídrico na cultura da soja.....	8
2.3 Melhoramento genético de soja.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Instalação do experimento	13
3.2 Área experimental.....	15
3.3 Condução do experimento	17
3.3.1 Semeadura da cultura	17
3.3.2 Irrigação.....	18
3.3.3 Tratos culturais	19
3.4 Avaliações	20
3.4.1 Altura de plantas.....	20
3.4.2 Massa seca da parte aérea.....	20
3.4.3 Evapotranspiração	20
3.4.4 Eficiência do uso de água	21
3.4.5 Componentes de produção	21
3.5 Análises estatísticas	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Evapotranspiração	24
4.2 Alturas das plantas.....	25
4.3 Massa seca da parte aérea das plantas	32
5 CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma das culturas agrícolas de maior importância no país, tendo em vista os aspectos de sua cadeia produtiva. Desempenha um papel sócio-econômico ao proporcionar o desenvolvimento de um amplo complexo agroindustrial, gerador de milhares de empregos em diversos setores (SALINET, 2009).

Atualmente, os maiores produtores de soja no Mundo são os Estados Unidos da América, respondendo por 38% de toda a produção, seguido do Brasil (27%) e Argentina (15%). (SOYSTATS, 2009) A produção brasileira foi de 57,2 milhões de toneladas para uma área de 21,8 milhões de hectares (FAOSTAT, 2009). A maior parte da produção brasileira foi oriunda das regiões Centro-Oeste e Sul (CONAB, 2010).

No Triângulo mineiro, a soja ocupa grande destaque na economia regional, sendo o município de Uberaba o segundo maior produtor de soja no Estado, com 271 mil toneladas. Também estão entre os maiores produtores de soja de Minas Gerais os municípios de Buritis, Uberlândia e Guarda-Mor. Em termos de produção agrícola, o Triângulo mineiro, foi à região de Minas Gerais que mais produziu grãos na safra de 2008. Foram 2,38 milhões de toneladas, que correspondem a 23,3% da safra estadual (IBGE, 2008).

Entretanto, no Triângulo mineiro, a ocorrência de déficit hídrico é uma das principais causas de perdas agrícolas na região, pois na safra de verão ocorrem, com frequência, veranicos, devido à grande demanda evapotranspirativa e pela distribuição irregular das chuvas, que caracterizam o clima de cerrado. Além disso, as mudanças climáticas previstas para as próximas décadas como resultado do aquecimento global vão colocar em risco a produção agrícola no Brasil. Segundo o estudo feito por Assad e Pinto (2008), a soja deverá ser a cultura que mais sofrerá perdas com o aquecimento global, caso as condições de plantio se mantenham como as atuais e nenhuma modificação genética seja feita. Até 2070, a área com baixo risco no país pode ser reduzida a 60% da existente hoje em decorrência do aumento da deficiência hídrica e de possíveis veranicos mais intensos.

Entre os fatores inerentes à produção agrícola, o clima apresenta-se como o principal fator de prejuízos à produção. Estresses abióticos, como a seca, limitam a distribuição geográfica de plantas e, acarretam reduções significativas no crescimento e produtividade de espécies economicamente importantes (BRAY, 2004).

A disponibilidade hídrica, bastante variável em termos espacial e temporal, constitui-se no principal limitante à obtenção de rendimentos mais próximos ao máximo potencial

produtivo. Para os produtores, o desafio é então produzir mais com o dado suprimento de água, possivelmente limitado.

Entre as alternativas para amenizar os problemas da deficiência hídrica (seca) está o uso da irrigação. Diversos trabalhos na literatura apontam incrementos na produtividade com a lâmina de água aplicada (PANDEY et al., 1984; FONTANA et al., 1992; FERNANDES et al., 1996; RAMBO et al., 2002; FERNANDES; TURCO, 2003; SINCIK et al., 2008). Entretanto, fatores econômicos e, principalmente, disponibilidade de recursos hídricos são sérios obstáculos para utilização desta estratégia. Outra possibilidade é o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas a condições de déficit hídrico.

Compreender como as plantas respondem ao déficit hídrico e os mecanismos de tolerância são de importância fundamental para prever os impactos na produção das culturas e constitui-se atualmente em um dos maiores tópicos de pesquisa (ATKIN; MACHEREL, 2008; BARTELS; SUNKAR, 2005).

Considerando a importância e as poucas informações existentes sobre deficiência hídrica da soja cultivada na região do Triângulo Mineiro, o objetivo deste trabalho foi avaliar cultivares (Milionária, Impacta, Xavante, Riqueza e Guarani) de soja sob diferentes níveis de água disponível no solo (10, 30, 60 e 100%) em casa de vegetação em Uberlândia-MG.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma planta leguminosa originária da China. Há três mil anos a soja se espalhou pela Ásia e começou a ser utilizada como fonte de alimento. Apenas no início do século XX que a soja passou a ser cultivada comercialmente nos Estados Unidos. A partir deste momento ocorreu um rápido crescimento na produção, com a introdução das primeiras variedades cultivadas comerciais (MELO, 2005). A soja atualmente é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo (BLACK, 2000).

O plantio da soja no Brasil expandiu a partir dos anos 70 com o interesse crescente da indústria de óleo e do mercado externo. Deste modo, ocorreram grandes investimentos oficiais para melhoria do setor de produção da soja.

A soja apresenta um grande potencial produtivo e sua proteína é muito utilizada na ração animal e o óleo na alimentação humana. Além disso, a soja oferece proteção ao solo durante o ciclo vegetativo, com sua massa verde cobrindo toda a superfície e tem alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por simbiose, raramente havendo a necessidade de suplementação de nitrogênio por adubação (REICHARDT, 1990).

A produção nacional de soja, safra 2009/10, foi de 68,69 milhões de toneladas sendo 20,2% (11,5 milhões) superior aos 57,2 milhões de toneladas colhidos na safra anterior. Em todos os Estados do País, exceção de Roraima, a produção foi maior que a da safra 2008/09. O comportamento meteorológico beneficiou as lavouras, que em nível de País apresentou uma produtividade de 2.927 kg.ha⁻¹, 11,3% superior a da safra passada (2.629 kg.ha⁻¹). As maiores produtividades foram observadas nos Estados do Paraná (3.139 kg.ha⁻¹) e de Mato Grosso do Sul (3.100 kg.ha⁻¹) (CONAB, 2010).

Em Minas Gerais houve um incremento de 4,4% na safra 2009/10 chegando a 2,8 milhões de toneladas (CONAB, 2010). Esses ganhos de produtividade demonstram à grande tecnologia aplicada na cultura e os novos materiais genéticos adaptados a condição climática brasileira.

2.2 Déficit hídrico na cultura da soja

O conceito de déficit hídrico é confuso e a quantificação deste parâmetro é difícil por se tratar de um tipo de estresse multidimensional (BLUM, 1996). Definir o déficit hídrico como suspensão da irrigação pode não ser apropriado, uma vez que a redução do potencial hídrico do solo depende de uma variedade de fatores, tais como demanda evaporativa, área foliar e características do solo (TARDIEU, 1996). Segundo Monneveux e Belhassen (1996), o déficit hídrico pode ocorrer devido a muitos fenômenos, tais como choque térmico, choque osmótico, seca, excesso de luminosidade, aumento na velocidade do vento, excesso de salinidade entre outros. Sendo que com a combinação destes fenômenos leva a um déficit hídrico de variadas proporções.

Assim o déficit hídrico, em primeira instância, poderia ser definido como a condição onde ocorre um desequilíbrio entre o suprimento de água e a sua demanda, determinada pelo clima (TARDIEU, 1996). Já em nível celular, o déficit hídrico poderia ser definido como o resultado de um desequilíbrio entre a quantidade de água e de solutos no simplasto, apoplasto e no espaço extracelular (KOCHEVA et al., 2005). Este desequilíbrio seria caracterizado pelo baixo conteúdo de água em um tecido ou célula quando comparado ao estado de máxima hidratação dos mesmos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR; SINCLAIR, 1996). Durante períodos de déficit hídrico, muitas mudanças ocorrem na planta. De acordo com Faria (2010) o déficit hídrico afeta, em grau variado, todos os estágios ontogenéticos das plantas, induzindo modificações morfológicas, fisiológicas e metabólicas em todos os órgãos. A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree e Fernández (1989) e Taiz e Zeiger (2004), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Outros efeitos do déficit hídrico incluem a redução no desenvolvimento das células, na expansão das folhas, transpiração e redução na translocação de assimilados (HSIAO, 1973) e bem como a diminuição do potencial hídrico das células levando a uma redução no turgor (SAYAR et al., 2008).

Na soja, o déficit hídrico não resulta apenas na perda de área foliar, mas afeta a fixação biológica do nitrogênio, reduzindo os teores de N na planta (SERRAJ et al., 1999). A extensão da redução da produtividade resultante do déficit associado à diminuição da fixação

do nitrogênio pode ser verificada em trabalhos no qual o fertilizante foi aplicado em parcelas com déficit hídrico. Nessas parcelas, que eliminam a dependência da cultura à fixação biológica, resultou em 15-20% de ganho de produtividade comparadas às parcelas que estavam sujeitas apenas a fixação biológica (PURCELL; KING, 1996; RAY et al., 2006).

O murchamento da parte aérea é o primeiro sintoma visual do déficit hídrico, o momento em que ocorre e o grau de evolução da severidade variam entre os genótipos de soja (SLOANE et al., 1990). Essas diferenças genéticas podem estar associadas com a profundidade do sistema radicular, com o desenvolvimento de raízes laterais ou aumento da densidade das raízes que influenciam na habilidade de extrair água no perfil do solo (KING et al., 2009).

O desenvolvimento de cultivares mais tolerantes a períodos de déficit hídrico e o desenvolvimento de tecnologias que auxiliem as plantas a tolerar períodos prolongados de estiagem serão essenciais na manutenção da produção agrícola (TEIXEIRA et al., 2008). De acordo com Ortolani e Camargo (1987) sem se considerar os efeitos extremos, essa limitação é responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção, razão por que, no planejamento da agricultura, é de fundamental importância o conhecimento das condições meteorológicas durante o período de desenvolvimento das plantas, principalmente quanto aos períodos de baixa precipitação e elevada demanda na evapotranspiração.

Considerando a exigências hídricas da cultura, a necessidade de água na soja aumenta com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo no florescimento-enchimento de grãos e decresce depois desse estágio fenológico, conforme os resultados obtidos por Doss et al. (1974) e Kadhem et al. (1985). De acordo com Doorenbos e Kassam (1979) e Reichardt (1990) a necessidade total de água na cultura da soja para obter alta produtividade é de 450 a 850 mm por ciclo, dependendo do clima e da duração do período de crescimento. Como o consumo de água pela cultura da soja depende além do estágio de desenvolvimento, da demanda evaporativa da atmosfera, o seu valor absoluto pode variar, tanto em função das condições climáticas de cada região como em função do ano e da época de semeadura (condições de tempo) na mesma região climática (STEWART; NIELSEN, 1990; BERGAMASCHI et al., 1992). Para o Sul do Brasil, Berlato et al. (1986), obtiveram valores médios de evapotranspiração potencial (ET_c) ao redor de 6 mm.dia⁻¹, sendo o menor consumo verificado no início do ciclo (2,7 mm.dia⁻¹) e o maior ocorrendo do início da floração ao início do enchimento de grãos (7,5 mm.dia⁻¹). Para todo o ciclo da cultura, foi obtida uma ET_c de 827 mm. Azevedo et al. (1989), obtiveram para as condições semi-áridas do Nordeste brasileiro, uma ET_c da cultura da soja de 620 mm, para todo seu ciclo.

A cultura da soja apresenta dois períodos essenciais e bem definidos com relação à exigência hídrica: o período da sementeira até a emergência da plântula e no período de florescimento-enchimento dos grãos. Durante o período de germinação, tanto o excesso como o déficit hídrico será prejudicial ao estabelecimento da cultura. Para Salinas et al. (1989) durante esse período, excessos hídricos são mais limitantes que déficits. Doorenbos e Kassam (1994) afirmaram que o teor de água no solo, durante a germinação, não deve exceder 85% nem ficar abaixo de 50% da água disponível. Segundo os autores, esse seria o nível de esgotamento permissível para o manejo da irrigação em condições médias de evapotranspiração (5 a 6 mm.dia⁻¹).

Quando o déficit hídrico ocorre nos primeiros estádios de desenvolvimento vegetativo, a soja recupera-se melhor do que outras culturas (DOSS; THURLOW, 1974), já que pode tolerar curtos períodos de déficit, pois tem sistema radicular profundo e período de florescimento, relativamente, longo (MOTA, 1983).

A ocorrência de déficit hídrico durante o período de enchimento dos grãos é mais prejudicial do que durante a floração (DOSS et al., 1974; SIONIT; KRAMER, 1977). Déficits hídricos expressivos durante esses estádios provocam alterações fisiológicas na planta, causando a queda prematura de folhas e flores e abortamento de vagens e também reduz a produtividade de grãos (BERLATO et al., 1987).

Deste modo o manejo da irrigação passou de ser de fundamental importância para o cultivo das culturas, pois de acordo com Gomes (2007), a irrigação das culturas agrícola consiste no suprimento de água as plantas na quantidade necessária e no momento adequado para se obter, economicamente, a produção ótima e a melhor qualidade do produto. De acordo com Paz et al. (2000), para uma produção sempre crescente de alimentos, a alternativa está na produção agrícola sob irrigação, que tem possibilitado um número maior de safras por ano, principalmente em países do hemisfério sul.

Outros aspectos quanto à tolerância ao déficit hídrico podem envolver, por exemplo, a qualidade fisiológica das sementes. Segundo Rosseto et al. (1997), sementes colocadas para germinar em deficiência hídrica têm se mostrado dependentes da qualidade fisiológica, ou seja, menor qualidade fisiológica tem sido associada aos piores desempenhos no teste de germinação. Conforme descreve Sá (1987), sementes de soja mais vigorosas se apresentam mais resistentes às condições de deficiência hídrica.

2.3 Melhoramento genético de soja

Outra estratégia para amenizar os problemas da deficiência hídrica (seca) é o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas a condições de déficit hídrico. Portanto, a caracterização de genótipos tolerantes ou sensíveis à seca é um pré-requisito para seleção e manipulação genética (TURNER, 1997). A identificação e a compreensão dos mecanismos de tolerância à seca em plantas são cruciais no desenvolvimento de novas cultivares de soja mais tolerantes.

As plantas utilizam diversos mecanismos para lidar com o déficit hídrico que podem ser agrupados em três grupos: fuga, adiamento e tolerância (TURNER et al., 2001). No primeiro, algumas espécies (ou variedades de ciclo curto) podem evitar o déficit amadurecendo rapidamente antes que ele se inicie ou reproduzindo-se somente após a chuva. Outras plantas toleram a desidratação, adiando-a através do desenvolvimento de raízes profundas ou fechando-se fortemente contra a transpiração ou acumulando grandes reservas de água em tecidos carnosos. Outras espécies permitem a desidratação dos tecidos e toleram a falta de água, apresentando crescimento continuado mesmo quando desidratadas (MANAVALAN et al., 2009).

A expressão diferencial de genes ainda não identificados em genótipos tolerantes pode ser usada para o estudo desses mecanismos de tolerância (SHINOZAKI; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 1996, 1997). Uma resposta fisiológica específica ao déficit hídrico representa na verdade combinações de eventos moleculares que são ativados ou desativados pela percepção do estresse (BRAY, 1993). Assim entender como eventos interagem entre si será um passo importante no desenvolvimento de maior tolerância à seca.

Considerando-se tolerância à seca como uma característica poligênica e difícil de ser trabalhada no melhoramento genético clássico, poucos programas de melhoramento se preocupam com essa característica (BEEVER, 2000). Conseqüentemente, poucas cultivares têm sido desenvolvidas com características de tolerância à seca.

Na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) o Programa de Melhoramento e de Estudos Genéticos em Soja foi implantado em 1996, tendo todas as etapas de melhoramento desenvolvidas no Centro de Pesquisa localizado na Fazenda Experimental Capim Branco, realizando-se desde as hibridações, os avanços das gerações segregantes, os testes de progênies e a seleção de linhagens promissoras, obtendo-se genótipos superiores para ambientes distintos. A tecnologia em desenvolvimento é o processo de obtenção de novas

cultivares de soja adaptadas às regiões do cerrado, e a finalidade seria desenvolver cultivares com resistência parcial ou total à ferrugem asiática da soja, ao nematóide de cisto, ao mofo branco, aos nematóides de galhas e causadores de lesões radiculares e outros, com altas produtividades de grãos e de óleo, agregando-se a outras características que otimizam a produção, como resistência aos estresses bióticos e abióticos (PMSOJA, 1996).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação do experimento

O experimento foi conduzido no período de 25/06/2010 a 12/09/2010, correspondente ao número do dia do ano (NDA) de 206 a 285 (80 dias), em casa de vegetação com cobertura de vidro incolor, localizada na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Umuarama, Uberlândia-MG, ($18^{\circ}53'05''\text{S}$ e $48^{\circ}15'37''\text{W}$), conforme ilustra a Figura 1.

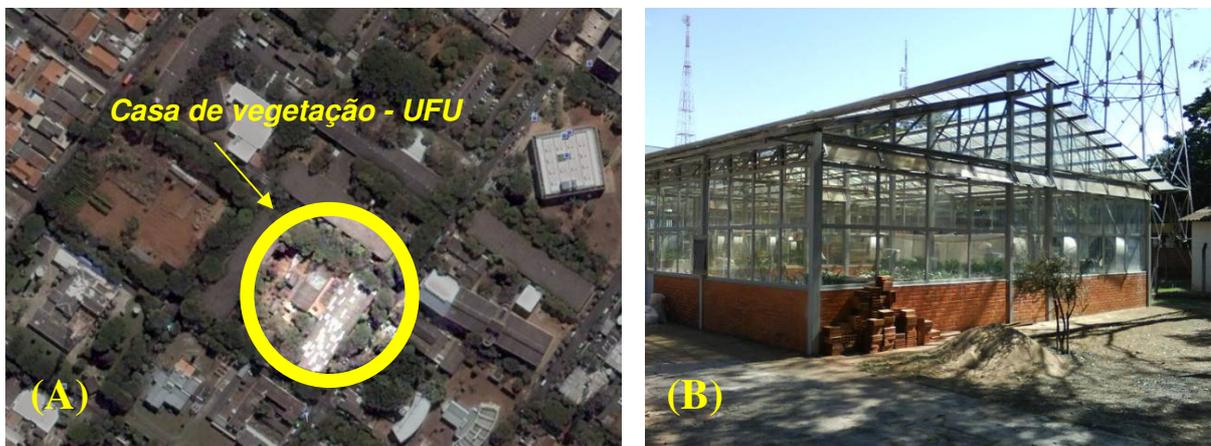


Figura 1. Foto aérea da casa de vegetação presente no campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia (**Fonte:** Google Earth) (A) e vista frontal da casa de vegetação (B).

As condições meteorológicas durante a execução do experimento (temperatura e umidade relativa do ar) foram monitoradas diariamente por um termômetro e um psicrômetro não aspirado, instalado em abrigo e dentro da casa de vegetação, Figura 2A. Analisando as condições meteorológicas durante a condução do experimento, Figura 2B, verifica-se que a temperatura média do ar foi de $27,2^{\circ}\text{C}$. Já a umidade relativa média do ar foi de $42,7\%$. De maneira geral, a temperatura e umidade relativa do ar estavam dentro da faixa considerada ideal para a cultura. Segundo Farias et al. (2007) a temperatura do ar para o bom desenvolvimento da soja deve variar entre 20°C e 30°C .

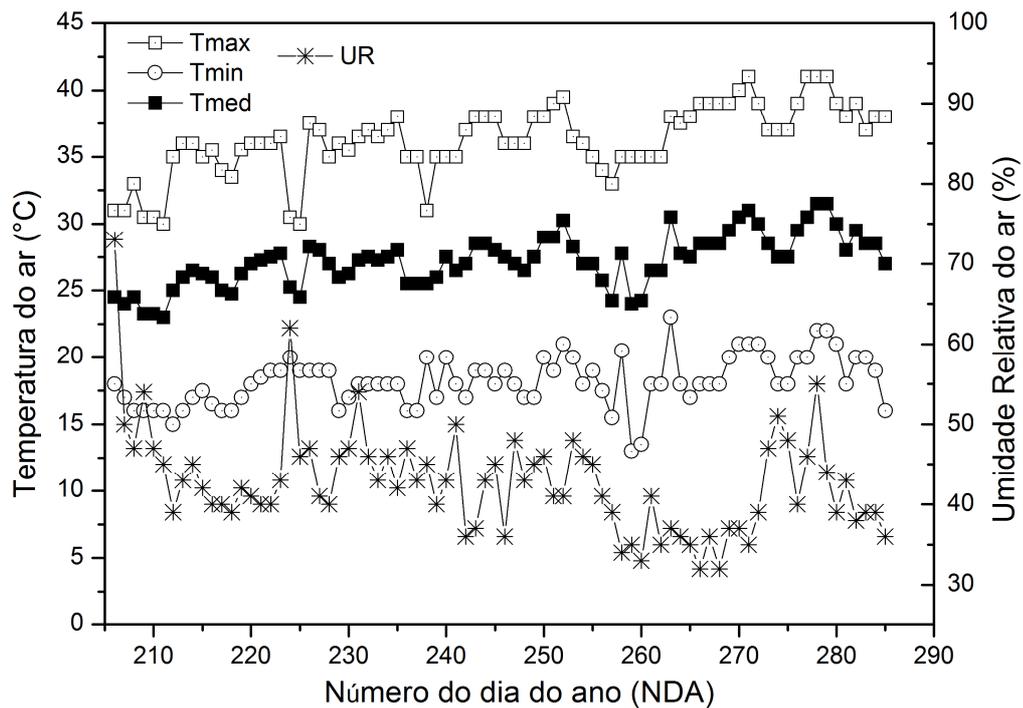
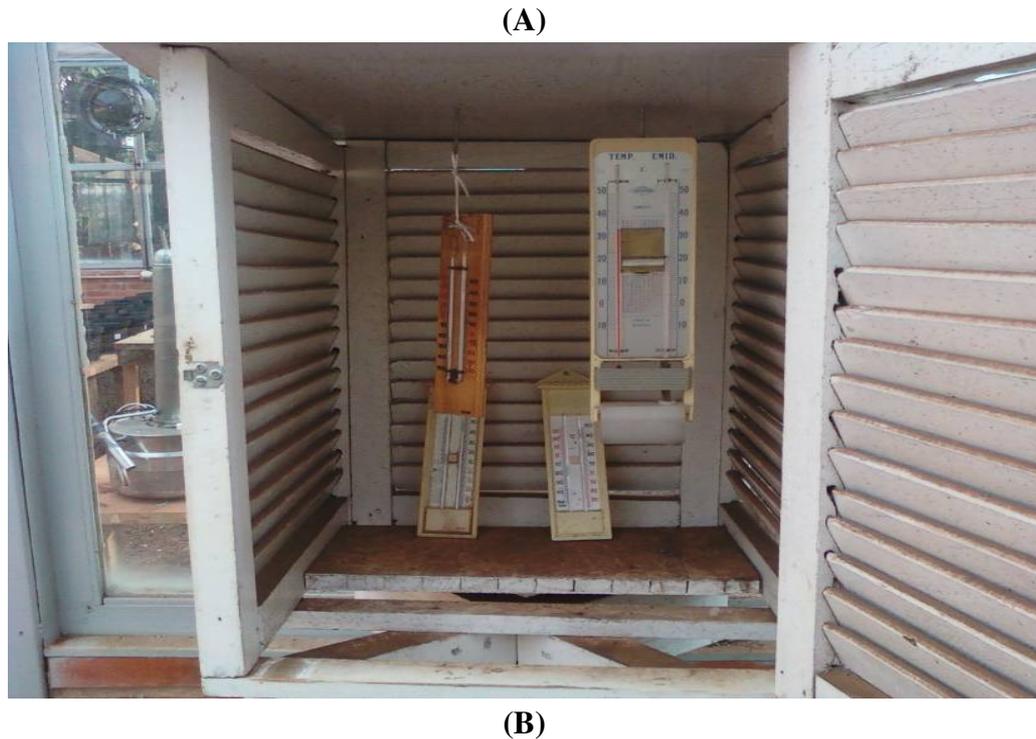


Figura 2. (A) Fotos dos equipamentos meteorológicos instalados dentro do abrigo na casa de vegetação e (B) variação da temperatura e umidade relativa média do ar durante a execução do experimento em função do número do dia do ano (NDA). Uberlândia-MG, 2010.

3.2 Área experimental

Cada parcela experimental consistiu de um vaso plástico com capacidade de 5 L preenchidos com terra, esterco, areia e adubo. Os vasos foram dispostos em duas bancadas dentro da casa de vegetação (Figura 3).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (5 x 4) representado por cinco cultivares e quatro níveis de água disponível no solo (10, 30, 60 e 100%), totalizando 80 parcelas (vasos) (Figura 4).



Figura 3. Foto das bancadas e vasos dentro da casa de vegetação – UFU, Uberlândia, 2010.

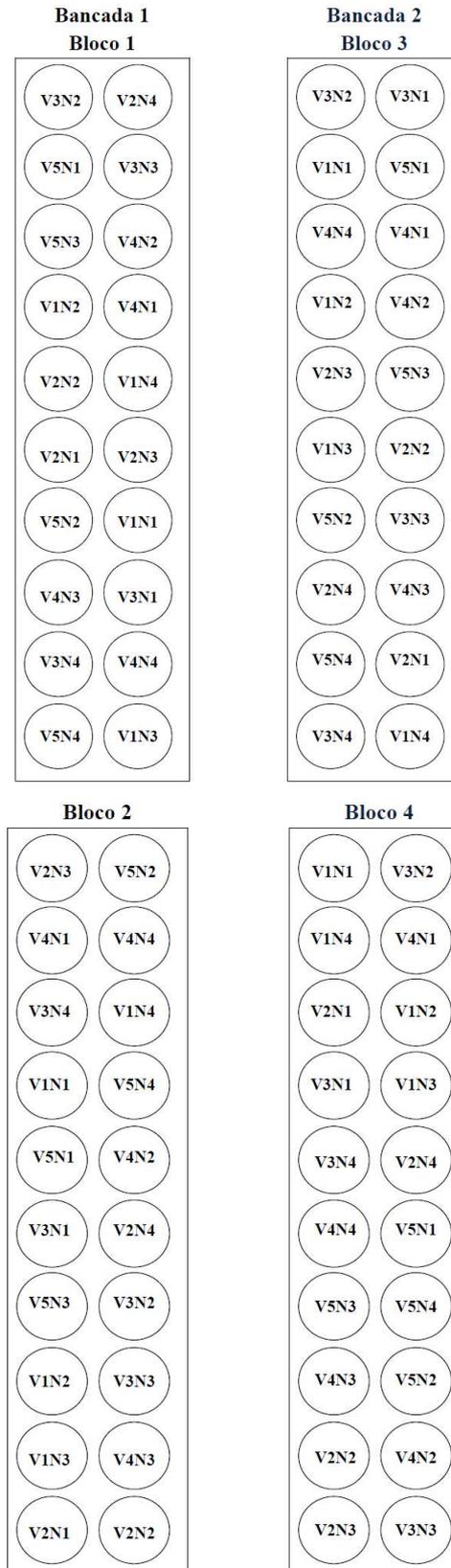


Figura 4. Croqui da área experimental na casa de vegetação – UFU. Uberlândia. 2010.

3.3 Condução do experimento

Foram utilizadas cinco cultivares de soja, selecionados do programa de melhoramento genético de soja da UFU, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Descrição das cultivares de soja.

Características	Cultivares /Tratamentos				
	Milionária (V1)	Impacta (V2)	Xavante (V3)	Riqueza (V4)	Guarani (V5)
Hábito de crescimento	Determinado	Determinado	Determinado	Determinado	Indeterminado
Dias a floração	61	55	63	54	47
Potencial de rendimento (kg.ha ⁻¹)	4014	4098	4912	3420	3954
Região de cultivo	MT, MG, GO e BA	MT, MG, GO, BA e MA	MT, MG, GO, BA e MA	MT, MG, GO e BA	MG e GO

Fonte: <http://www.pmsoja.iciag.ufu.br>.

3.3.1 Semeadura da cultura

Anteriormente ao plantio das sementes de soja, foi coletada uma amostra de solo, da Fazenda Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia para caracterização química do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química do solo da Fazenda Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia-MG, amostrado na profundidade de 0-20 cm, em junho de 2010.

Prof. cm	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Al	Ca	Mg	H+Al cmol _c dm ⁻³	SB	t	T	V %	m %	MO g kg ⁻¹
0-20	5,3	1,1	27,0	0,0	1,2	0,5	2,5	1,77	1,82	4,27	42,0	3,0	16,0

Prof. = profundidade; P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio (EMBRAPA, 1997).

Analisando as características químicas do solo, verificou-se que os teores ou níveis de todos os atributos químicos analisados estavam baixos. De maneira geral, a fertilidade não estava de acordo com as exigências de fertilidade para a cultura da soja. Segundo Sousa e

Lobato (1996), a cultura da soja na região dos cerrados necessita uma saturação por base em torno de 50%, pois nestas condições obtêm-se as maiores produtividades.

Desta maneira, para melhorar as condições físicas e químicas da amostra de solo, para o preenchimento dos vasos utilizou-se uma mistura do solo, esterco, adubo e areia, que totalizou numa massa de 7 kg para cada vaso, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Preenchimento dos vasos.

Material	Massa (g)
Terra	6240
Areia	280
Esterco	140
Adubo	55
Vaso	285
Total	7000

Após a homogeneização dos vasos as cultivares selecionadas foram semeadas, sendo quatro sementes por vaso. A semeadura das cultivares ocorreu no dia 24 de junho de 2010 as 18:00 horas. A emergência das plântulas ocorreu quatro dias após a semeadura. Após 15 dias, foi feito um desbaste deixando apenas uma planta por vaso. As sementes das cultivares foram inoculadas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum* (Nodusoja 10L inoculante fluido) na dosagem de 2 ml.kg⁻¹ de semente.

3.3.2 Irrigação

Após a germinação, todos os tratamentos foram irrigados a condição de 100% de água disponível no solo. Os tratamentos se iniciaram a partir do estágio vegetativo, V3, segundo a escala de desenvolvimento proposta por Fehr e Caviness (1977). Para tanto, o controle da irrigação foi feito diariamente, por meio do monitoramento da massa de vasos padrões adicionais que serviram como referência (tratamentos com 100% de água disponível), constituídas de um vaso padrão para cada uma das cinco cultivares. A cada dia, após a pesagem dos vasos padrões, comparava-se essa massa pesada com a massa referência do dia anterior que sempre após a pesagem era completado com o volume de água até a drenagem completa da água em excesso dentro do vaso. Deste modo pela diferença de massa foi possível calcular a quantidade de água a ser resposta para os tratamentos com 100% de água

disponível no solo, já para os tratamentos com 10, 30 e 60% de água disponível no solo, utilizou-se essa diferença para o cálculo do volume de água a ser repostado de acordo com a porcentagem de água disponível no solo. As irrigações foram realizadas no intervalo das 17:00 as 18:00 horas. As irrigações foram feitas considerando os níveis de 10, 30, 60 e 100% de água disponível até o início do estágio reprodutivo das plantas (R1), quando todas as irrigações foram suspensas (12 de setembro de 2010).

3.3.3 Tratos culturais

Os tratos culturais na cultura foram realizados de acordo com a necessidade. Para o controle de plantas infestantes foi realizado diariamente o controle manual (arranquio), de acordo com o aparecimento no vaso. Já para o controle de pragas e doenças foi realizado pulverizações de produtos químicos. Essas pulverizações foram feitas com um pulverizador manual de 500 mL.

Os produtos utilizados para o controle de pragas foram: um inseticida de contato e ingestão do grupo químico organofosforado Malathion 1000 EC na dosagem de $1,5 \text{ mL.L}^{-1}$ de água para o controle de tripes na soja (*Frankliniella schultzei*) sendo feito uma aplicação aos 17 dias após a emergência da cultura (DAE) e o inseticida de contato e ingestão do grupo químico organofosforado Aquila (acefato) na dosagem de 3 g.L^{-1} de água para o controle de mosca branca na soja (*Bemisia tabaci*) sendo feito duas aplicações respectivamente aos 30 DAE e 50 DAE.

Para o controle de doenças foi utilizado o fungicida mesostêmico e sistêmico dos grupos químicos estrobilurina e triazol, com nome comercial Nativo na dosagem de 2 mL.L^{-1} de água para o controle de oídio da soja (*Microsphaera diffusa*) feito em uma única aplicação aos 40 DAE.

3.4 Avaliações

3.4.1 Altura de plantas

A altura de plantas é um parâmetro de crescimento das culturas. De acordo com Heiffig (2002), se obtém medindo a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal.

Desta forma a partir do estágio VC (cotilédone desenvolvido), foi medida a altura da haste principal, com auxílio de uma régua, onde foram utilizadas as medições de altura dos 35, 45, 55 e 65 dias após a emergência (DAE) para as análises estatísticas.

3.4.2 Massa seca da parte aérea

A matéria seca da parte aérea da planta é calculada através do massa seca da planta seca em estufa. A partir deste parâmetro é possível conhecer o uso da eficiência de água, determinando a quantidade de matéria seca produzida em relação ao certo volume de água consumido em um dado período de tempo.

Para a obtenção da massa seca da parte aérea, todas as parcelas durante o florescimento (estádio R1) foram cortadas ao nível de solo. Imediatamente ao corte das plantas, elas foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados e foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60° C, por 72 horas (VIEIRA; CARVALHO, 1994). Após as 72 horas as amostras foram pesadas em uma balança para a obtenção do massa seca.

3.4.3 Evapotranspiração

A evapotranspiração da cultura (ETc) é um dos principais componentes do balanço de água no solo, possuindo grande utilidade na climatologia, quer para classificações climáticas, quer para a quantificação das disponibilidades hídricas regionais através da comparação da

precipitação contra a variação no teor de água no solo (FERREIRA, 1998). A evapotranspiração das plantas de soja foi calculada através da quantidade de água repostada aos vasos diariamente, ou seja, a diferença da massa pesada com a massa referência do dia anterior. A quantidade de água repostada foi calculada com base em volume (mL). Para obtenção em altura (mm) o volume foi dividido pela área do vaso ($0,22 \text{ m}^2$).

3.4.4 Eficiência do uso de água

De acordo com Doorenbos e Kassan (1979), a eficiência de uso da água pelas culturas agrícolas depende, sobretudo, das condições físicas do solo, das condições atmosféricas, do estado nutricional das plantas, de fatores fisiológicos, da natureza genética e do seu estágio de desenvolvimento.

A eficiência do uso de água (EUA) pela plantas de soja foi calculada através da produção de matéria seca da parte aérea para cada nível de água disponível no solo, dividida pela evapotranspiração total ao longo do estágio vegetativo da cultura em cada nível de água disponível no solo.

3.4.5 Componentes de produção

Os componentes de produção que seriam avaliados: número de vagens por planta, número e massa de grãos por planta. Porém não foi possível realizar a avaliação dos componentes de produção, devido a infestação do fungo (*Fusarium solani* f.sp. *glycines*) causando a podridão vermelha da raiz (PVR). Esta doença foi constatada com a presença de sintomas típicos da doença, o amarelecimento prematuro das folhas e uma acentuada necrose entre as nervuras das folhas resultando no sintoma conhecido como folha carijó (Figura 5 e 6). Desta maneira foi necessário o corte das plantas na fase de florescimento, pois os sintomas foliares da PVR iniciam de duas a três semanas antes da floração estendo-se até o período de enchimento de grãos, quando normalmente é observada a morte da planta (RUPE; GBUR, 1995).



Figura 5: Sintoma da lesão do fungo (*Fusarium solani* f.sp. *glycines*) no caule da planta.



Figura 6: Sintoma de amarelecimento prematuro das folhas (folhas carijó) devido ao ataque do fungo (*Fusarium solani* f.sp. *glycines*) a raiz da planta.

3.5 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de regressão e a comparação das médias realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Evapotranspiração

A Figura 7A apresenta a evolução da evapotranspiração potencial (ET_c) das cultivares a partir da semeadura. É possível verificar que até, aproximadamente, 30 DAS a evapotranspiração foi marcada quase que exclusivamente pela evaporação do solo, uma vez que a área foliar era pequena. Posteriormente, com o aumento da aceleração no crescimento da área foliar e altura das plantas, provocou um aumento na taxa transpirativa (Figura 7B). Desta forma, as diferenças intrínsecas de cada planta e cultivar quanto a transpiração, provocaram as variações nos valores de ET_c observados entre as cultivares. A ET_c aumentou gradativamente atingindo valores máximos próximos a 5,0 mm.dia⁻¹, nas cultivares Guarani e Impacta, por ocasião do florescimento. Ao longo do período do experimento, essas cultivares apresentaram os maiores valores médios, com 2,39 mm.dia⁻¹ e 2,29 mm.dia⁻¹, respectivamente. Já as cultivares Milionária e Riqueza, ambas apresentaram menor consumo de água, com valores médios de 1,92 mm.dia⁻¹ e 1,89 mm.dia⁻¹, respectivamente. Dessa forma, evidencia-se claramente que a exigência por esta cultura em água aumenta com a proximidade da fase reprodutiva, independentemente da cultivar, corroborando com as afirmações de Doss et al. (1974) e Kadhem et al. (1985) de que as exigências hídricas da cultura aumentam com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo no florescimento-enchimento de grãos.

Os valores de ET_c foram inferiores os obtidos no trabalho de Berlatto e Bergamashi (1979) que obtiveram 5,8 mm.dia⁻¹ no Rio Grande do Sul. Entretanto, o pico da ET_c ocorreu também no florescimento.

Da semeadura ao início do florescimento a cultivar Guarani obteve um ET_c de 191,3 mm. A cultivar que teve a menor ET_c foi a cultivar Riqueza com um consumo de 151,3 mm. Matzenauer (1999) descreve um consumo no valor de 827,2 mm, com média diária de 6,1 mm.dia⁻¹, porém, considerando todo o ciclo da cultura da soja. Karam et al. (2005) determinaram a ET_c da soja com lisímetro de pesagem, no Líbano, e obtiveram 725 mm no ciclo todo, entretanto, aproximadamente 300 mm até o estágio de florescimento (R1). O menor valor de ET_c obtido neste trabalho pode ser resultado da baixa quantidade de radiação solar (não medida), uma vez que algumas plantas estiolaram. Segundo Almeida et al. (2005) o

sombreamento leva as espécies vegetais a desenvolver estratégias de ganho de área para maior absorção da energia radiante.

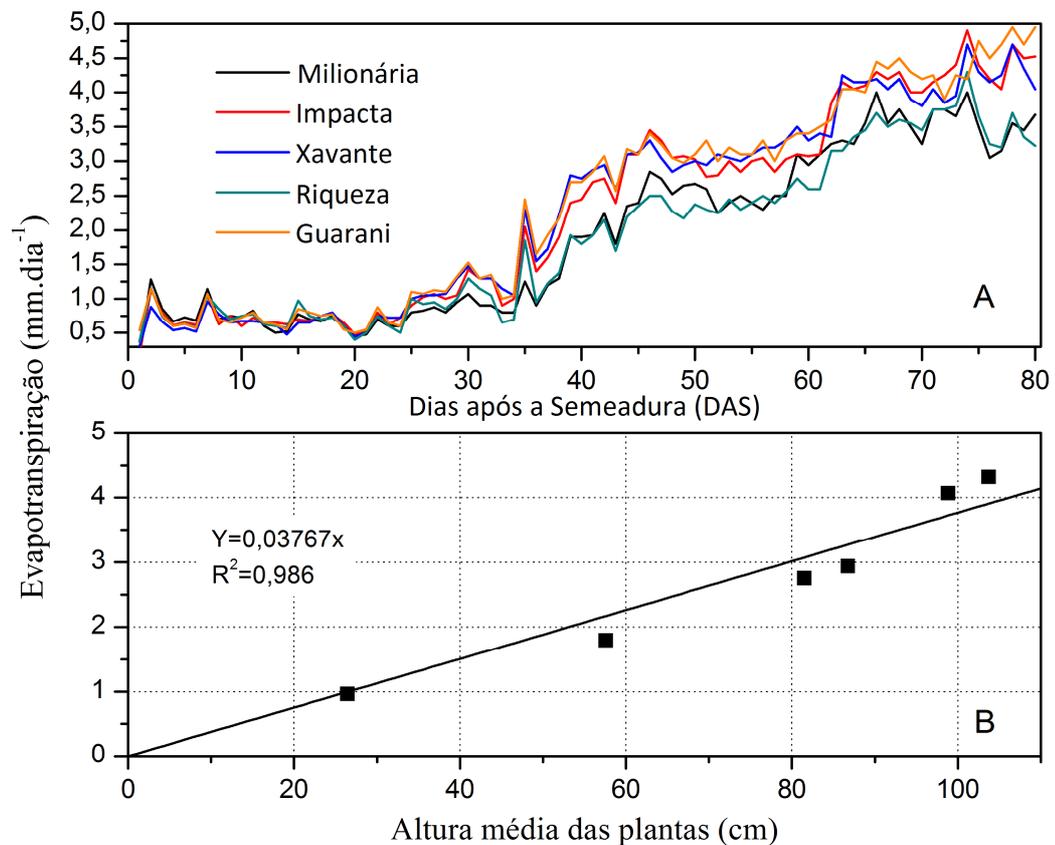


Figura 7. (A) Evolução da Evapotranspiração da cultura (ETc), determinadas pelos tratamentos de 100% de água disponível no solo. (B) Regressão linear entre a altura média das plantas e a média da ETc nos dias 25,35, 45, 55 e 65 DAE. Uberlândia 2011.

4.2 Alturas das plantas

A Tabela 4 apresenta o quadro de análise de variância para a altura de plantas aos 35, 45, 55 e 65 dias após a emergência da plântula. Nota-se que, a exceção da avaliação aos 35 DAE, a interação foi significativa, indicando que entre as cultivares e os níveis de água disponível no solo, influenciaram significativamente no desempenho do crescimento de plantas.

Tabela 4. Resumo das análises de variância dos dados de altura das plantas. Uberlândia, 2011.

Causas de variância	GL	Valores de Quadrado Médio ¹			
		Altura 35 DAE	Altura 45 DAE	Altura 55 DAE	Altura 65 DAE
Cultivar (C)	4	2395,91*	3191,60*	3764,66*	4427,02*
Água disponível (AD)	3	2390,79*	26150,14*	29557,21*	37961,31*
Interação (C x AD)	12	126,98 ^{ns}	520,27*	623,20*	759,01*
Bloco	3	970,39	592,24	528,96	392,91
Resíduo	57	87,93	145,76	171,54	224,38
CV(%)	-	20,23	24,22	24,81	24,93

¹Em que, CV = coeficiente de variação; GL = grau de liberdade; * significativo a 5 % de probabilidade.

Para a altura de plantas aos 35 dias após a emergência (DAE) não houve efeito da interação. Isso ocorreu em função de que nessa época ainda estava no início do déficit hídrico empregado aos tratamentos, sendo que o início da suspensão da irrigação ocorreu a partir dos 26 DAE após a emergência da cultura. Deste modo, o déficit hídrico não foi acentuado nos tratamentos com água disponível no solo abaixo de 100%.

Os valores médios da altura das plantas aos 35 DAE estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios das alturas das plantas (cm), Uberlândia, 2011.

Cultivares	35 DAE
Milionária	40,35 bc
Impacta	38,91 c
Xavante	48,35 b
Riqueza	37,28 c
Guarani	66,88 a

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%).

A altura das plantas aos 35 DAE variou de 37,28 cm para a cultivar Riqueza e 66,88 cm para a cultivar Guarani. Em outros trabalhos com soja sobre manejo de irrigação a altura de plantas média aos 40 DAE foi de 30,86 cm (GOMES, 2007). Tal diferença entre as alturas de plantas pode ser explicada pelo fato de que as plantas em casa de vegetação estiolam em busca de luz.

Foi feita uma análise de regressão entre a altura das plantas em função do nível de água disponível no solo, conforme a Figura 8. Verifica-se que a altura das plantas aumentou linearmente com o acréscimo de água disponível, onde para cada acréscimo na porcentagem de água disponível no solo houve um incremento de 0,27 cm na altura para todas as cultivares de soja aos 35 DAE.

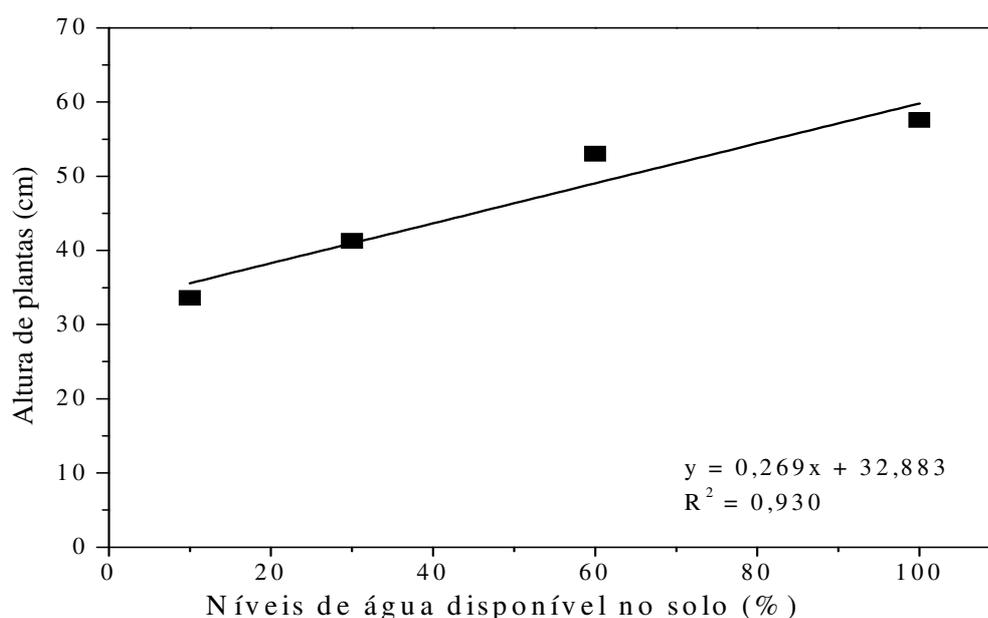


Figura 8. Altura das plantas (cm) média aos 35 DAE nos em diferentes níveis de água. Uberlândia, 2011.

Para as alturas de plantas aos 45, 55 e 65 DAE houve interação dupla significativa entre cultivares e água disponível no solo, ou seja, a quantidade de água disponível no solo atua de maneira diferente nas cultivares, bem como, as repostas das cultivares foram diferentes em cada nível de água disponível no solo. Nessas análises o nível de 10% de água disponível no solo, não está presente uma vez que todas as parcelas dos tratamentos morreram aos 35 DAE. Os valores médios das alturas das plantas aos 45 DAE estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios da altura das plantas (cm) aos 45 DAE. Uberlândia, 2011.

Cultivares	Nível de água disponível no solo		
	30%	60%	100%
Milionária	39,75 b	50,63 c	73,75 bc
Impacta	36,75 b	66,50 bc	69,00 bc
Xavante	55,13 ab	82,88 ab	88,38 b
Riqueza	40,25 b	48,63 c	60,00 c
Guarani	64,88 a	104,63 a	116,38 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%).

Ao nível de 30 e 60% de água disponível no solo a cultivar Guarani apresentou maior crescimento em altura, porém não diferindo da cultivar Xavante. Para o nível de 100% a cultivar Guarani obteve a maior altura de plantas com média de 116,38 cm, seguida pela cultivar Xavante que não diferiu das cultivares Milionária, Impacta. A cultivar Riqueza obteve o pior crescimento com média de 60,00 cm.

Para a altura aos 45 DAE foi feita uma análise de regressão entre os níveis de água em função das cultivares, conforme a Figura 9. Através da regressão quadrática foi possível calcular a quantidade ideal de água para cada cultivar, exceto a cultivar Milionária que apresentou aumento linear da altura com o acréscimo de água disponível. Assim a cultivar Milionária apresentou um acréscimo de altura de 0,74 cm para cada porcentagem de água disponível no solo. Já as cultivares Impacta, Xavante, Riqueza e Guarani apresentaram quantidades ideais de água disponível no solo de 81,3%, 79,6%, 83,7% e 83,8% respectivamente.

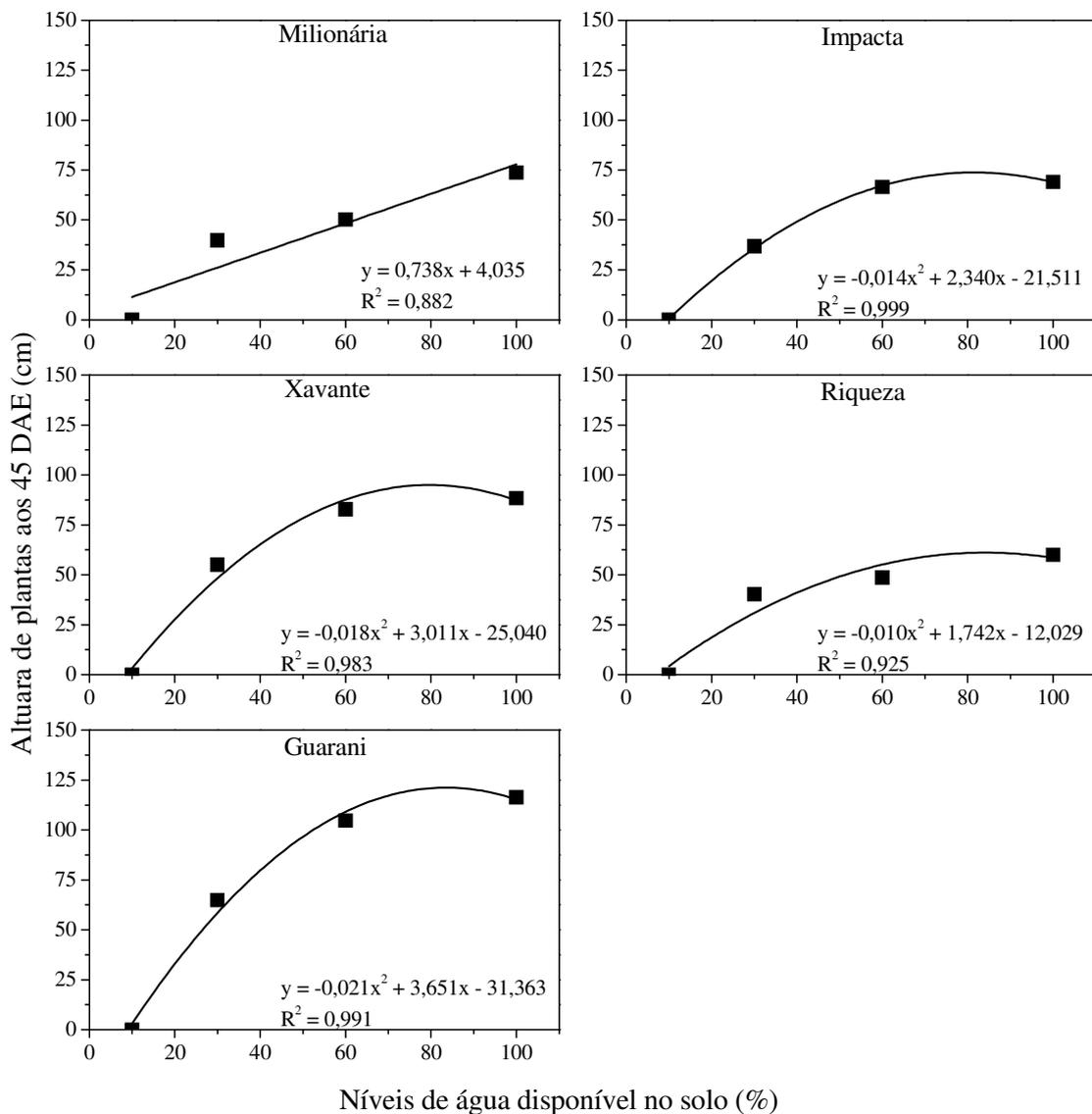


Figura 9. Regressões entre a altura média das plantas (cm) das cultivares, aos 45 DAE, em função dos níveis de água. Uberlândia. 2011.

Os valores médios da altura de plantas para os diferentes níveis de água disponível no solo aos 55 DAE estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios das alturas das plantas (cm) aos 55 DAE.

Cultivares	Nível de água disponível no solo		
	30%	60%	100%
Milionária	41,00 ab	52,50 c	76,75 bc
Impacta	40,50 b	69,88 bc	73,00 bc
Xavante	57,88 ab	88,13 ab	96,00 b
Riqueza	41,75 ab	51,38 c	62,88 c
Guarani	66,88 a	112,00 a	125,13 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%).

Verifica-se na Tabela 7 que ao nível de 30% de água disponível no solo a cultivar Guarani apresentou o maior crescimento em altura de plantas, porém não diferindo das cultivares Milionária, Xavante e Riqueza, enquanto que a cultivar Impacta obteve o pior crescimento. Já para o nível de 60% de água disponível no solo a Cultivar Guarani novamente apresentou maior alturas das plantas, porém não diferindo da cultivar Xavante.

Com o nível de 100% de água disponível no solo a cultivar Guarani obteve a maior altura das plantas com média de 125,1 cm, seguida pela cultivar Xavante que não diferiu das cultivares Milionária e Impacta com médias de 96,0 cm; 76,8 cm e 73,0 cm respectivamente. E novamente a cultivar Riqueza obteve a pior altura de plantas com média de 62,9 cm.

A análise de regressão para a altura das plantas, aos 55 DAE, em função dos níveis de água está presente na Figura 10. Novamente, para a cultivar Milionária não foi possível verificar a quantidade ideal de água disponível no solo para o melhor crescimento em altura, pois a altura das plantas da cultivar Milionária cresceu linearmente com o acréscimo da água disponível. As cultivares Impacta e Xavante obtiveram o maior crescimento em altura com a quantidade de 81% de água disponível no solo. E para as cultivares Riqueza e Guarani, a quantidade ideal de água disponível no solo foi de 83,6% e 84,7% respectivamente.

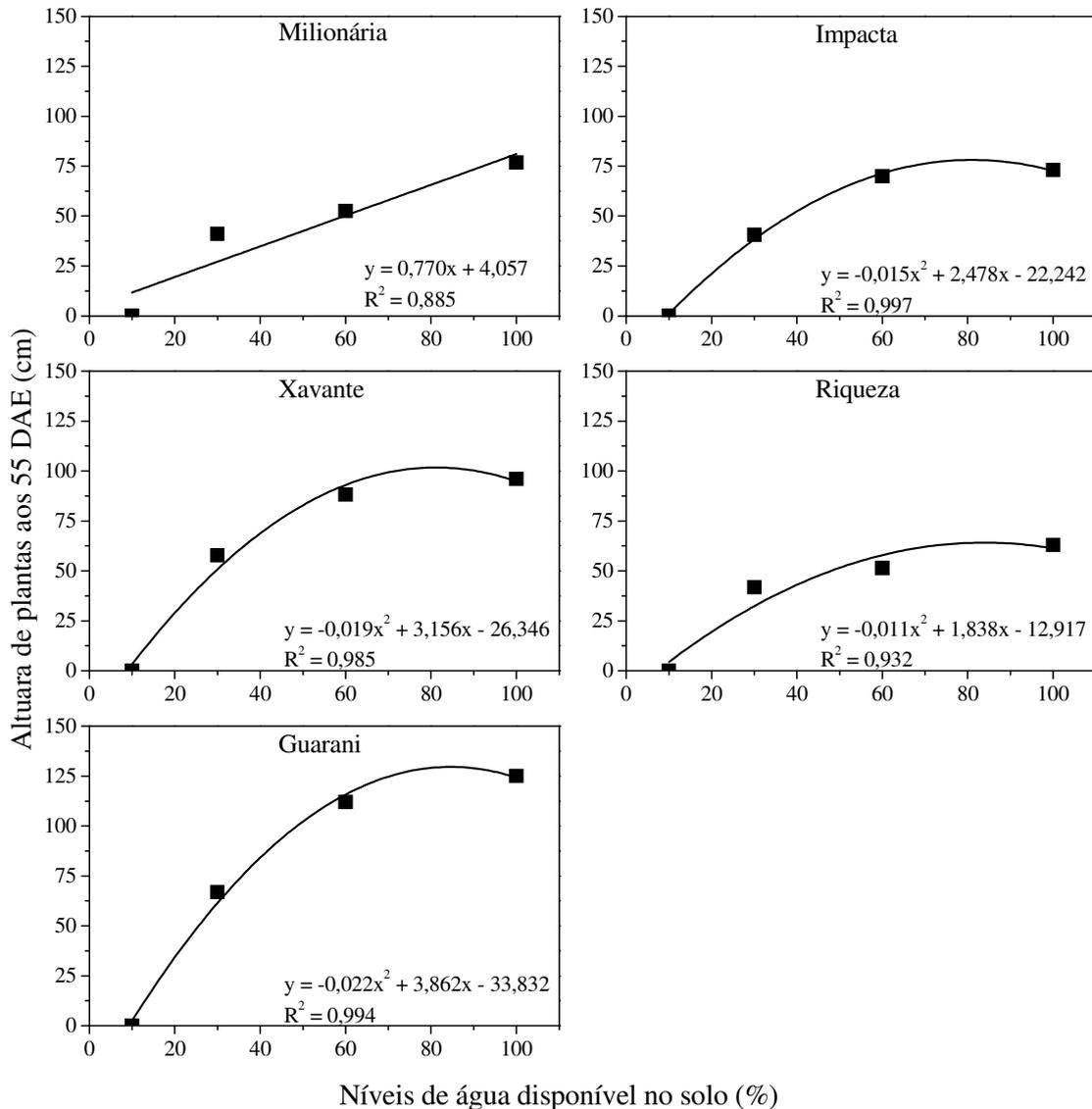


Figura 10. Regressões entre a altura das plantas (cm) das cultivares, aos 55 DAE, em função dos níveis de água. Uberlândia. 2011.

Para a última análise de crescimento das plantas que ocorreu aos 65 DAE os valores das médias das alturas se encontram na Tabela 8.

Tabela 8. Valores médios das alturas das plantas (cm) aos 65 DAE.

Cultivares	Nível de água disponível no solo		
	30%	60%	100%
Milionária	47,75 a	59,00 c	84,50 bc
Impacta	50,00 a	79,50 bc	86,25 bc
Xavante	67,25 a	100,00 ab	109,25 b
Riqueza	48,50 a	59,50 c	71,50 c
Guarani	73,75 a	122,25 a	142,75 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%).

Na Tabela 8 verifica-se que para o nível de 30% de água disponível no solo as médias não diferiram estatisticamente, porém para as demais porcentagem de água disponível no solo novamente a cultivar Guarani superou as demais cultivares em altura. As médias de altura obtidas nos níveis de 60 e 100% de água disponível no solo foram 122,3 cm e 142,8 cm de altura respectivamente.

Aos 65 DAE também foi realizado uma análise de regressão para determinação da melhor quantidade de água para obter a melhor altura da planta. De acordo com a Figura 11, a cultivar Milionária apresenta o máximo crescimento com a quantidade de 99,9% de água disponível no solo. Já para as cultivares Impacta, Xavante, Riqueza e Guarani a quantidade ideal de água disponível no solo é de 81,6%; 80,7%; 82,2% e 87,7%, respectivamente.

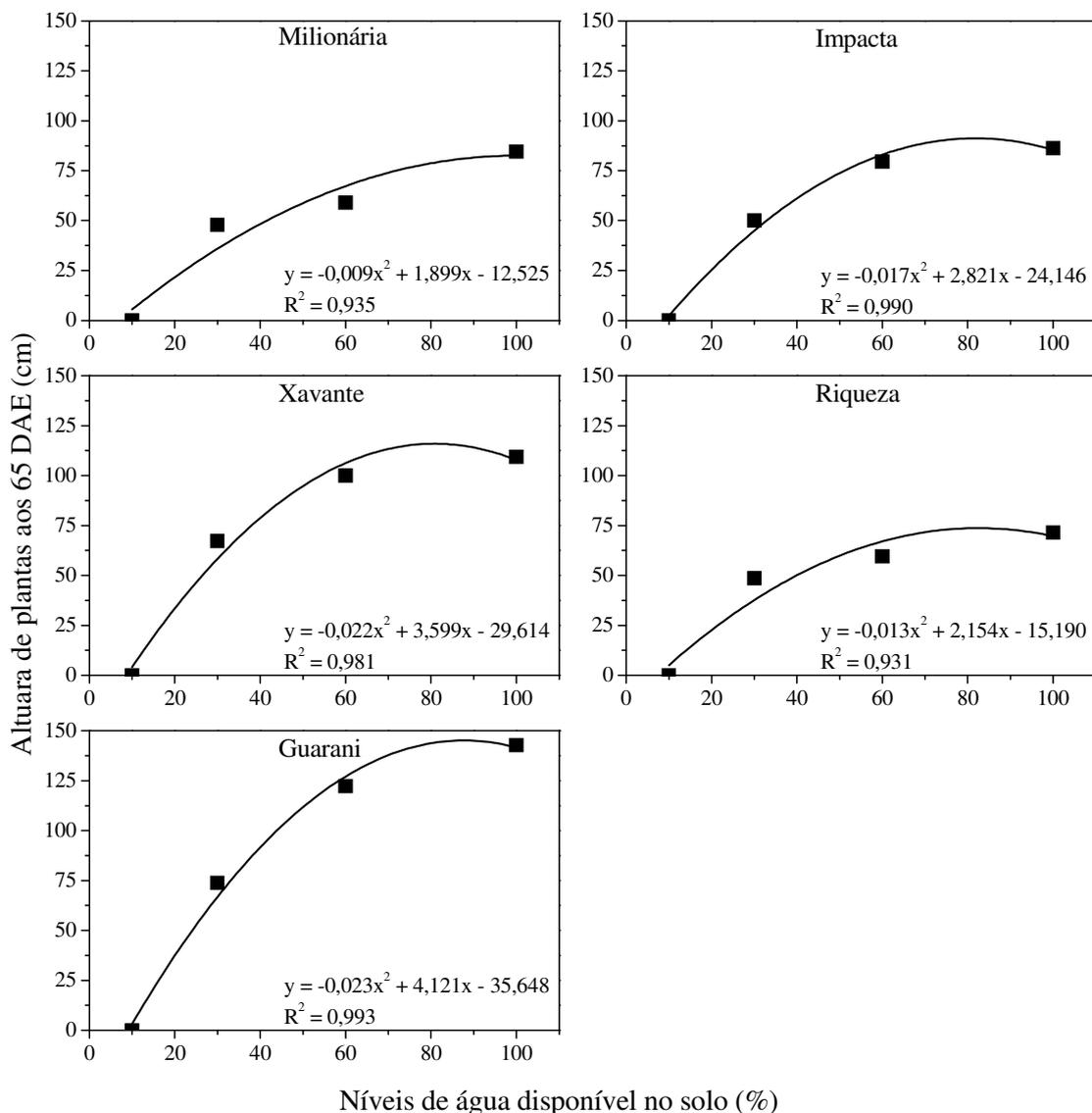


Figura 11. Regressões entre a altura das plantas (cm) das cultivares, aos 65 DAE, em função dos níveis de água. Uberlândia. 2011.

Após a análise de crescimento de 35, 45, 55 e 65 DAE foi possível verificar que a cultivar Guarani foi a cultivar que obteve as maiores médias, seguido da cultivar Xavante. Após as análises dos gráficos de regressão quadrática foi possível aferir que em todos os 35, 45, 55 e 65 DAE, para todas as cultivares exceto a cultivar Milionária, que a quantidade de água disponível no solo para o máximo desenvolvimento de crescimento das cultivares foi em torno de 82,5%. Fernandes e Turco (2003) observaram para a cultura da soja que a frequência de irrigação foi mais importante na produtividade de grãos do que a quantidade de lâmina aplicada. Estes resultados mostram que não necessariamente a produção ou altura de plantas aumenta com o acréscimo da lâmina de água aplicada. Isto fica bastante evidenciado neste experimento, pois a água foi resposta diariamente, portanto com frequência e não foi observado através das regressões que o máximo crescimento foi obtido aos 100% de lâmina de água aplicada, mas em média aos 82,5% de lâmina de água.

4.3 Massa seca da parte aérea das plantas

A Tabela 9 apresenta o quadro de análise de variância, com os valores dos quadrados médios, para a quantidade de matéria seca (MS) na parte aérea. Os resultados da análise estatística mostraram, pelo teste F, diferenças significativas para as cultivares, níveis de água no solo e a interação cultivares e água disponível no solo.

Tabela 9. Resumo das análises de variância dos dados de matéria seca da parte aérea. Uberlândia. 2011.

Causas de variância	Valores de Quadrado Médio ¹
	MS
Cultivar (C)	151,45*
Água disponível (AD)	5149,96*
Interação (C x AD)	56,06*
Bloco	10,99
Resíduo	7,15
CV(%)	16,00

¹Em que, MS = matéria seca da parte aérea; CV = coeficiente de variação; * Significativo a 5 % de probabilidade.

Os valores médios da massa seca das plantas dentro de cada nível de água disponível no solo estão apresentados na Tabela 10, exceto os valores do nível de 10%, pois todas as parcelas dos tratamentos morreram aos 35 DAE.

Tabela 10. Valores médios da massa seca das plantas (g) secas a estufa (60°C) por 72 horas, Uberlândia, 2011.

Cultivares	Nível de água disponível no solo ¹		
	30%	60%	100%
Milionária	5,63 a	20,37 bc	29,81 b
Impacta	9,29 a	25,64 ab	30,83 b
Xavante	8,56 a	25,11 ab	45,35 a
Riqueza	6,08 a	17,01 c	30,90 b
Guarani	9,99 a	25,87 a	43,98 a

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%).

Ao nível de 30% de água disponível no solo não houve diferença estatística entre as cultivares. Para o nível de 60% de água disponível no solo a cultivar Guarani apresentou a maior produção de matéria seca, porém não diferindo das cultivares Xavante e Impacta, enquanto que a cultivar Riqueza obteve o pior rendimento. Assim, pode-se inferir que as cultivares Guarani, Xavante e Impacta são mais tolerantes ao déficit, pois produziram maiores quantidades de matéria seca.

Com 100% de água disponível no solo, as cultivares Xavante e Guarani foram as que obtiveram maior peso de matéria seca da parte aérea com médias de 45,35 e 43,98g respectivamente. Resultados aproximados de acúmulo de matéria seca foram obtidos por Gomes, (2007) testando diferentes estratégias de irrigação para a cultura da soja, com valores médios de 40,94 gramas de matéria seca. Deste modo pode-se observar que as cultivares Xavante e Guarani são mais tolerantes, pois tanto no nível de 60% quanto de 100% de água disponível no solo, apresentaram maiores produção de matéria seca. Segundo Francisco (2002) a matéria seca das folhas apresenta acúmulo gradual, com ponto de máximo no estágio reprodutivo R5, decaindo posteriormente, em função da queda acentuada das folhas ocorrida no final do ciclo, chegando a reduzir em 137% a sua massa em relação ao ponto de maior acúmulo.

Na Tabela 11, apresenta a porcentagem de redução para a produção de matéria seca.

Tabela 11. Porcentagem de redução da produção da massa seca das plantas (g) em função da produção da massa seca determinada pelo tratamento de 100% de água disponível. Uberlândia, 2011.

Cultivares	Nível de água disponível no solo ¹	
	30%	60%
Milionária	81,1%	31,7%
Impacta	69,8%	16,8%
Xavante	81,1%	44,6%
Riqueza	80,35%	45,0%
Guarani	77,3%	41,2%

Pode-se observar na Tabela 11, que a cultivar Impacta obteve a menor redução de produção de matéria seca na parte aérea quando submetida aos níveis de 30 e 60% de água disponível no solo. Assim pode-se inferir que a cultivar Impacta apresenta uma maior tolerância ao déficit hídrico sobre as demais cultivares, pois não houve uma queda acentuada de produção de matéria seca quando esta cultivar foi submetido ao déficit hídrico.

Todas as cultivares aumentaram o acúmulo de matéria seca linearmente com o acréscimo de água disponível, porém com repostas diferentes. (Figura 12). A cultivar Xavante foi a que apresentou maior acúmulo de matéria seca para cada porcentagem de água disponível com 0,51g, seguida pela cultivar guarani com 0,49g, enquanto que a cultivar Milionária obteve o menor com acréscimo de 0,34g, seguida pelas cultivares Impacta e Riqueza, ambas com acréscimo de 0,35g.

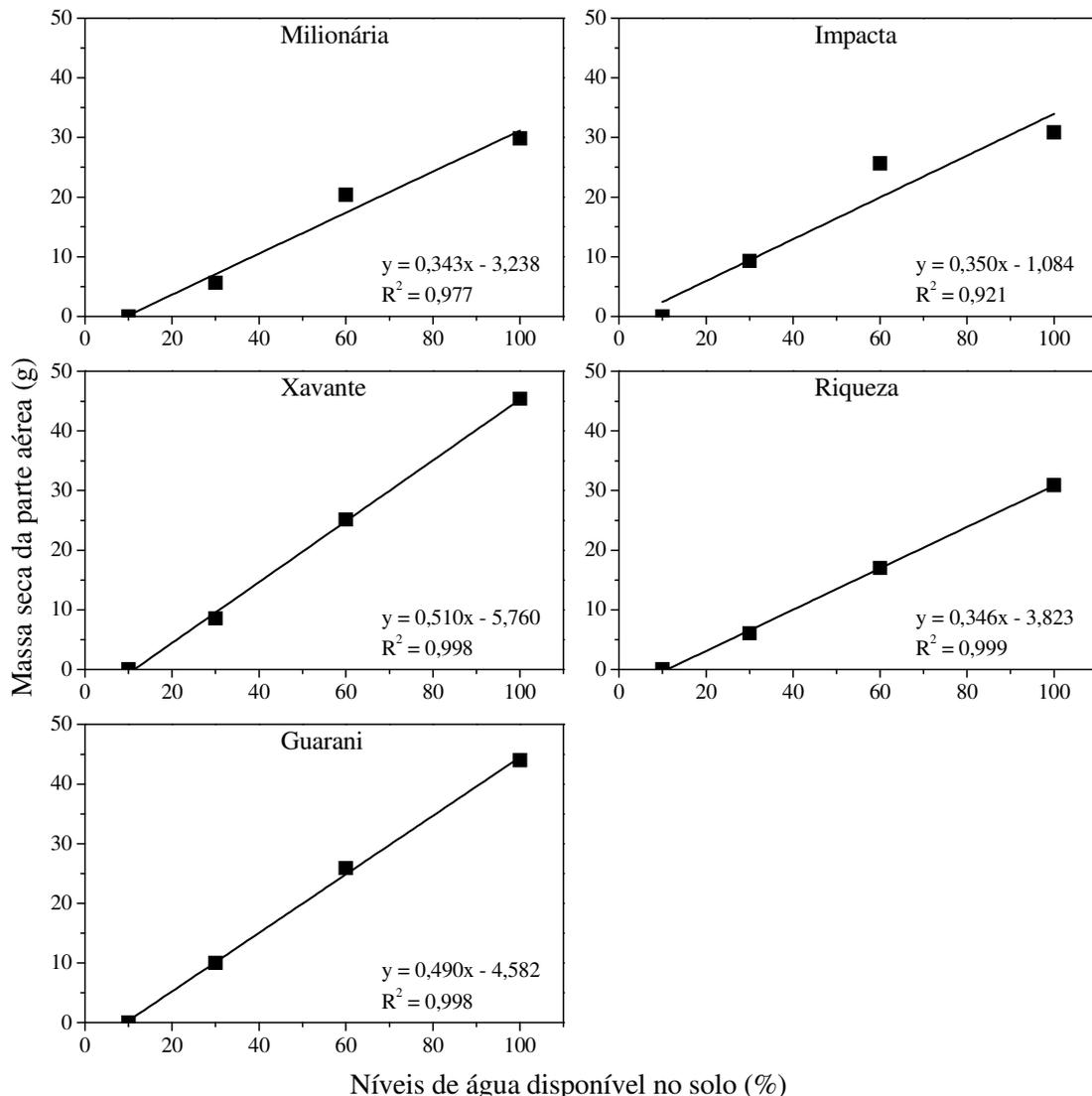


Figura 12. Regressões entre a massa seca da parte aérea (g) das cultivares, em função dos níveis de água. Uberlândia. 2011.

Assim é possível verificar que as cultivares Xavante e Guarani produzem maiores quantidades de matéria seca do que as demais cultivares com a mesma quantidade de água. A análise de regressão confirma que essas cultivares são mais eficientes no uso de água, sendo portanto, mais tolerantes ao déficit hídrico, enquanto que as cultivares Milionária, Impacta e Riqueza são menos eficientes no uso da água (EUA).

A Tabela 12 apresenta a eficiência de uso da água (EUA) em cada nível de água disponível no solo, em que mesmo nos menores níveis de água disponível no solo, as cultivares Guarani e Xavante mantiveram a produção de massa seca em taxas relativamente altas quando comparadas com os valores de EUA das cultivares Milionária, Impacta e Riqueza.

A condutância estomática é um dos mais importantes traços fisiológicos que governam a acumulação de matéria seca e balanço de água na planta, regulando a difusão do dióxido de carbono e vapor de água pelos estômatos (Tanaka; Shiraiwa, 2009). Para Taiz e Zeiger (2004) o efeito relativo do estresse hídrico é maior sobre a condutância estomática do que na taxa fotossintética, uma vez que o fechamento estomático afeta mais a transpiração do que a concentração do dióxido de carbono.

Nesse sentido, é provável que essas cultivares apresentam maior controle estomático à perda de água. Novos estudos necessitam ser feitos para avaliar qual mecanismo, isoladamente ou em conjunto, favoreceu a manutenção dos valores de EUA. Diversas hipóteses pode ser sugeridas, como densidade e condutividade hidráulica do sistema radicular, número de estômatos por folha, hábito de crescimento entre outros.

Por exemplo, das cultivares testadas, apenas a Guarani apresenta hábito de crescimento indeterminado. Seria essa a vantagem da cultivar? Tanaka e Shiraiwa (2009) verificaram que, sob condições de boa disponibilidade hídrica, variedades de soja de hábito de crescimento indeterminado apresentam maior condutância estomática do que as de crescimento determinado e desta forma sugerem que as de crescimento determinado podem ser mais tolerantes ao estresse hídrico. Como não fizeram avaliações sob estresse hídrico torna-se difícil avaliar se as plantas de crescimento indeterminado iriam manter as taxas superiores em condições de déficit hídrico.

Tabela 12. Eficiência de uso da água para produção de massa seca da parte aérea (g.L^{-1}).

Cultivares	Nível de água disponível no solo ¹		
	30%	60%	100%
Milionária	0,62 c	1,11 ab	0,98 c
Impacta	0,85 ab	1,17 a	0,84 c
Xavante	0,82 abc	1,20 a	1,30 a
Riqueza	0,67 bc	0,94 b	1,02 bc
Guarani	0,94 a	1,21 a	1,23 ab

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%).

Em trabalhos realizados por Gomes (2007) foi encontrado um valor médio de 1,05 g.L^{-1} de eficiência do uso da água. Também foram encontrados valores de EUA de 0,43 g.L^{-1} até 2,35 g.L^{-1} , em trabalhos realizados por Costa et al., (1999). Deste modo pode-se observar que os valores de EUA encontrados neste trabalho estão de acordo com alguns trabalhos encontrados na literatura. Assim pode-se inferir que as cultivares Xavante e Guarani são mais tolerantes ao déficit hídrico sobre as demais cultivares, pois são mais eficientes no uso da água.

5 CONCLUSÕES

1) A cultivar Guarani obteve a maior altura em todos os níveis de água disponíveis no solo medida aos 35, 45, 55 e 65 DAE.

2) A cultivar Guarani apresentou maior massa seca da parte aérea ao nível de 60% de água disponível no solo. Já para o nível de 100% de água disponível no solo as cultivares Xavante e Guarani apresentaram os maiores valores.

3) As cultivares Xavante e Guarani apresentaram a maior eficiência do uso da água em todos os níveis de água disponíveis no solo.

4) Através dos resultados obtidos foi comprovado que as cultivares Xavante e Guarani apresentaram melhores desempenhos em altura e produção matéria seca sobre as demais cultivares em teste.

5) A cultivar Impacta obteve a menor perda relativa quanto a matéria seca indicando que é mais insensível ao déficit hídrico;

6) Novos estudos precisam se feitos para averiguar como essas cultivares irão responder, sob déficit hídrico, quanto aos componentes de produção.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.M.Z.; SOARES, A.M.; CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; GAJEGO, E.B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.62-68, 2005.
- ASSAD, E.; PINTO, S.H. **Aquecimento Global e a nova geografia da Produção agrícola no Brasil**. Embrapa/Unicamp, 2008. Disponível em: <www.climaeagricultura.org.br>. Acesso em: nov. 2010.
- ATKIN, O.K.; MACHEREL, D. The crucial role of plant mitochondria in orchestrating drought tolerance. **Annals of Botany**, Oxford, v.103, p. 1-19, 2008.
- AZEVEDO, P.V.; COSTA, J.P.R.; LEITÃO, M.M.V.B.R. Medidas e estimativas da evapotranspiração numa cultura de soja irrigada, nas condições semi-áridas do nordeste do Brasil. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6., 1989, Maceió. **Anais...** Maceió: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989, p.185-194.
- BARTELS, D.; SUNKAR, R. Drought and salt tolerance in plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 24, p. 23-58, 2005.
- BEEVER, D. Os transgênicos e o futuro da agricultura. **Biotecnologia e Desenvolvimento**, Brasília, DF, v. 15, p. 4-7, 2000.
- BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 1992. 125p. (Série Livro-Texto nº 17).
- BERLATO, M.A.; BERGAMASHI, H. Consumo de água da soja. I. Evapotranspiração estacional em condições de ótima disponibilidade de água no solo. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1. Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1979, v.1, p. 53-58.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja, relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação de tanque “classe A” e radiação solar global. **Agronomia Sulriogradense**, Porto Alegre, v.22, n.2, p. 243-259, 1986.
- BERLATO, M.A. **Modelo de relação entre o rendimento de grãos de soja e o déficit hídrico para o Estado Do Rio Grande do sul**. 1987. 93 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Curso de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1987.
- BLACK, R.J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. E. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ, 2000, p. 1-18.
- BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 20, n.2, p. 135-148, 1996.

BRAY, E. A. Genes commonly regulated by water-deficit stress in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 407, p.2331-2341, 2004.

BRAY, E. A. Molecular responses to water deficit. **Plant Physiology**, Rockville, v. 103, p. 1035-1040, 1993.

CONAB - **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2009/2010 – Décimo Segundo Levantamento**. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: nov. 2010.

COSTA, L.C.; CONFALONE, A.; PEREIRA, C.R. Effect of water stress on the efficiency of capture of water and radiation by soybean. **Crop Science**, Madison, v.39, n.1, p.91-97, 1999.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper; 33).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB/FAO, 1994. 306 p. (Estudos: Irrigação e Drenagem, 33).

DOSS, B.D.; PEARSON, R.W.; ROGERS, H.T. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, n.2, p.297-299, 1974.

DOSS, B.D.; THURLOW, D.L. Irrigation, row width and plant population in relation to growth characteristics of two soybean varieties. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.5, p.620-623, 1974.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, **Manual de métodos de análise de solo**, 2 ed., Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212 p.

FAOSTAT. **Crops**. Disponível em:<<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: mai. 2011.

FARIA, A.P. **Avaliação ex vivo da tolerância de cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) ao déficit hídrico**. 2010. 84f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 48).

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 12 p.

FERNANDES, E.J.; PAVANI, L.C.; RODRIGUES, T. de J.D. Potencial de água do solo e produtividade da cultura de soja submetida a três regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.16, n.1, p. 66-75, 1996.

FERNANDES, E.J.; TURCO, J.E.P. Evapotranspiração de referência para manejo da irrigação em cultura de soja. **Irriga**, Botucatu, v.8, n. 2, p. 132-141, 2003.

FERREIRA, A.L.A. **Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) em Cruz das Almas, BA**. 1998. 74f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 1998.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Campinas, v. 6, p. 36 – 41, 2008.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Alterações micrometeorológicas na cultura da soja submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.27, n.5, p. 661-669, 1992.

FRANCISCO, E.A.B. **Antecipação da adubação da soja na cultura de *Eleusine coracana* (L.) Gaerth em sistema de plantio direto**. 2000. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GOMES, A.C. dos S. **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na região de Santiago, RS**. 2007. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HSIAO, T.C. Plant response to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.519-570, 1973.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola em 2008**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: nov. 2010.

KADHEM, F.A.; SPECHT, J.E.; WILLIAMS, J.H. Soybean irrigation serially timed during stages R1 to R6. Agronomic responses. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, n.2, p.291-298, 1985.

KARAM, F.; MASAAD,R.; SFEIR,T.; MOUNZER,O. ROUPHAEL,Y. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. **Agricultural Water Management**, Columbus, v.75, n.3, p.226-244, 2005.

KING, C.A.; PURCELL, L.C.; BRYE, K.R. Differential wilting among soybean genotypes in response to water deficit. **Crop Science**, Madison, v.49, p.290–298, 2009.

KOCHEVA, K. V.; GEOGIEV, G. I.; KOCHEV, V. K. A diffusion approach to the electrolyte leakage from plant tissues. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v.125 p.1-9, 2005.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v.36, p.331-335, 1996.

MANAVALAN, L.P.; SATISH, K.G.; TRAN, L.S.P.; NGUYEN, H. T. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v.50, n.7, p.1260-1276, 2009.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à Irrigação**. 2 ed. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999, p.33-47.

McCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v.29, p.353-360, 1989.

MELO, R.W. **Parametrização de modelo para estimação da produtividade da soja nas regiões do Planalto Médio, das Missões e do Alto Vale do Uruguai, Rio Grande do Sul**. 2005. 196 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MONNEVEUX, P.; BELHASSEN, E. The diversity of drought adaptation in the wide **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v.20, n.2, p. 85-92, 1996.

MOTA, F.S. Condições climáticas e produção de soja no sul do Brasil. In: VERNETTI, F.J. (Coord.) **Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. v.1, p.93-126.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1987. p.71-100.

PANDEY, R.K.; HERRERA, E.A.; PENDLETON, J.W. Drought response of grain legumes under irrigation gradient: II. Plant water status and canopy temperature. **Agronomy journal**, Madison, v.76, n.3, p.553-557, 1984.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p.465-473, 2000.

PMSOJA – **Programa de Melhoramento de Soja (UFU), 1996**. Disponível em: <<http://www.pmsoja.iciag.ufu.br>>. Acesso em: abr. 2011.

PURCELL, L.C.; KING, C.A. Drought and nitrogen source effects on nitrogen nutrition, seed growth, and yield in soybean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.19, p.969–993, 1996.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Rendimento dos grãos de soja e seus componentes por estrato do dossel em função do arranjo de plantas e regime hídrico. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 3, n. 1-2, p. 79-85, 2002.

RAY, J.D.; HEATHERLY, L.G.; FRITSCHI, F.B. Influence of large amounts of nitrogen on nonirrigated and irrigated soybean. **Crop Science**, Madison, v.46, p.52–60, 2006.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.

ROSSETO, C.A.V.; NOVEMBRE, A.D. DA L.C.; MARCOS FILHO, J.; DA SILVA, W.R.; NAKAGAWA, J. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato, da qualidade fisiológica e do teor de água inicial das sementes de soja no processo de germinação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. 1-2, p. 97- 105, 1997.

RUPE, J.C.; GBUR JR. E.E. Effect of plant age, maturity group and environmental on disease progress of Sudden Death Syndrome of Soybean. **Plant Disease**, St. Paul, v.79, n.2, p.139-143, 1995.

SÁ, M.E. **Relações entre qualidade fisiológica e disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1987. 147f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

SALINAS, A.R., SANTOS, D.S.B., SANTOS F.O. Comportamiento de genótipos de soja, hasta el estadio de plántulas, en diferentes niveles de humedad. IN: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACION EN SOJA, 4., 1989, Buenos Aires. **Actas...** Buenos Aires: Asociacion Argentina de la Soja (AASOJA), 1989. p.376-382.

SALINET, L. H. **Avaliação fisiológica e agrônômica de soja geneticamente modificada para maior tolerância à seca**. 2009. 76f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SAYAR, R.; KHEMIRA, H.; KAMELI, A.; MOSBAHI, M. Physiological tests as predictive appreciation for drought tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). **Agronomy Research**, Saku, v.6, n.1, p.79-90, 2008.

SERRAJ, R., SINCLAIR, T.R., PURCELL, L.C. Symbiotic N₂ fixation response to drought. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.50, p.143–155, 1999.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Molecular responses to drought and cold stress. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v.7, p. 161-167, 1996.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene expression and signal transduction in water-stress response. **Plant Physiology**, Rockville, v.115, p.327-334, 1997.

SIONIT, N.; KRAMER, J.P. Effect of water stress during different stages of growth of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.2, p.274-278, 1977.

SINCIK, M.; CANDOGAN, B.N.; DEMIRTAS, C.; BUYUKCANGAZ, H.; YAZGAN, S.; GOKSOY, A.T.G. Deficit Irrigation of Soya Bean (*Glycine max* (L.) Merrill) in a Sub-humid Climate. **Journal of Agronomy and Crop Science**, New Jersey, v.194, n.3, p. 200-205, 2008.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996, 30p.

SOYSTATS. Disponível em:<<http://soystats.com>>. Acesso em: mai. 2011.

SLOANE, R.J.; PATTERSON, R.P.; CARTER, T.E. Field drought tolerance of a soybean plant introduction. **Crop Science**, Madison, v.30, p.118–123, 1990.

STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1990. 1218 p. (Series Agronomy, n.30).

TANAKA, Y.; SHIRAIWA, T. Steam growth habit affects leaf morphology and gas exchange traits in soybean. **Annals of Botany**, Oxford, v.104, p.1203-1299, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3^aed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

TARDIEU, F. Drought perception by plants: Do cells of droughted plants experience water stress? **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v.20, p.93-104, 1996.

TEIXEIRA, L.R.; BRACCINI, A.L.; SPERANDIO, D.; SCAPIM, C.A.; SCHUSTER, I.; VIGANÓ, J. Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse hídrico em substrato contendo polietileno glicol. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 217-223, 2008.

TURNER, N.C. Further progress in crop water relations. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 58, p. 293-338, 1997.

TURNER, N.C.; WRIGHT, G.C.; SIDDIQUE, K.H.M. Adaptation of grain legumes (pulses) to water limited environments. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.71, p. 193 – 123, 2001.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 194 p.