

UNIRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**COMPORTAMENTO DE VARIEDADES DE SOJA SUBMETIDAS AO
ESTRESSE HÍDRICO**

GABRIELA WILK BAIÃO CAMPOS
Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2016

GABRIELA WILK BAIÃO CAMPOS

**COMPORTAMENTO DE VARIEDADES DE SOJA SUBMETIDAS AO
ESTRESSE HÍDRICO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL**

2016

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da FESURV**

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”.

C212c Campos, Gabriela Wilk Baião.

Comportamento de variedades de soja submetidas ao estresse hídrico /
Gabriela Wilk Baião Campos - 2016.

60f.: ils. figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Carlos César Evangelista de Menezes

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de agronomia,
da Universidade de Rio Verde - UniRV - Campus Rio Verde, 2016.

Inclui Biografia.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. *Glycine max*. 2. Disponibilidade hídrica. 3. Potencial produtivo. I.

Titulo. II. Autor. III. Orientador.

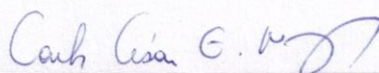
CDD: 631.5309816

GABRIELA WILK BAIÃO CAMPOS

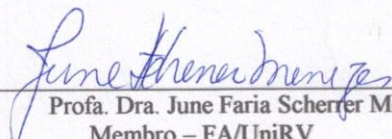
**COMPORTAMENTO DE VARIEDADES DE SOJA SUBMETIDAS AO
ESTRESSE HÍDRICO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de
Rio Verde, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*

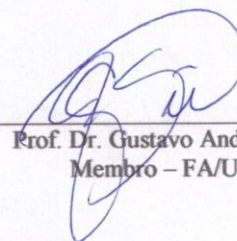
APROVAÇÃO: 29 de setembro de 2016



Prof. Dr. Carlos César Evangelista de Menezes
Presidente da Banca Examinadora
Membro – FA/UniRV



Prof. Dra. June Faria Scherter Menezes
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Gustavo André Simon
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Adriano Perin
Membro IF Goiano – Rio Verde

DEDICATÓRIA

A Deus,

O Grande Arquiteto do Universo, fonte de luz inspiradora da inteligência dos homens, que permitiu que tudo pudesse ser realizado.

Aos meus pais e esposo,

Pelo apoio incondicional em todos os momentos, pela compreensão e incentivo ao longo de minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças e iluminado meu caminho para que pudesse concluir mais uma etapa da minha vida.

A minha mãe, Maria de Fátima Paes B. Campos, por ser a pessoa que mais me apoia e acredita na minha capacidade. Meu agradecimento por não ter me deixado desistir e me mostrando que sou capaz de chegar onde desejo, sem dúvida foi quem me deu o maior incentivo para conseguir concluir esse trabalho.

Ao meu pai, Carlos Alberto da Silva Campos, por todo amor e dedicação que sempre esteve comigo, homem pelo qual tenho maior orgulho de chamar de pai, meu eterno agradecimento pelos momentos em que esteve ao meu lado, me apoiando e me fazendo acreditar que nada é impossível.

Ao meu fiel companheiro, Gustavo C. Rocha, ao longo da minha vida acadêmica, pela força, apoio, compreensão e amor.

Ao professor, Carlos César Evangelista de Menezes, pela orientação, pela escolha, oportunidade de aprendizagem e crescimento pessoal e profissional.

A professora, June Faria Scherrer Menezes pelo ensinamento e dedicação dispensados no auxílio à concretização dessa dissertação.

A professor, Sihélio, pelo apoio, incentivo e por contribuir na construção do meu futuro profissional.

Aos meus sogros e familiares, pelo carinho e pela compreensão nos momentos em que a dedicação aos estudos foi exclusiva.

Aos amigos do Laboratório de Solos e Laboratório de Fitopatologia, pela amizade, e por todos os momentos que passamos durante esse tempo, meu especial agradecimento.

Aos meus amigos Felipe Goulart, Gilberto Silva, Michelle Afonso, Rodolfo Pereira, Rafael Moraes, Rânia Oliveira pelo auxílio na execução deste trabalho, pela verdadeira amizade que construímos, sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa.

À Universidade de Rio Verde pela oportunidade de realização do mestrado.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado meu eterno AGRADECIMENTO.

BIOGRAFIA

GABRIELA WILK BAIÃO CAMPOS, filha de Maria de Fátima Paes Baião Campos e Carlos Alberto da Silva Campos, nasceu dia 04 de setembro de 1991, em Goiânia, Goiás. Em 2008, ingressou no Curso de Agronomia no Instituto Federal Goiano – *campus* Rio Verde, graduando-se em maio de 2013. Iniciou no curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela UniRV – Universidade de Rio Verde em agosto de 2014, defendendo a dissertação no dia 29 de setembro de 2016.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRAT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO.....	2
2.1. Descrição da espécie Soja (Glycine max).....	2
2.2. Respostas morfofisiológicas ao déficit hídrico.....	4
2.3. Mecanismo de adaptação das plantas.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1. Local e condições dos experimentos.....	8
3.2. Delineamento experimental.....	9
3.3 Procedimento para a avaliação das plantas.....	9
3.3.1. Relações hídricas.....	10
3.4 Características morfológicas e acúmulo de matéria seca.....	10
3.5 Análise estatística.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4.1 Conteúdo Relativo de Água.....	13
4.1.1 M 71110 IPRO.....	13
4.1.2 NS 7114 RR.....	14
4.2 Tolerância protoplasmática.....	15
4.2.1 M 7110 IPRO.....	15
4.2.2 NS 7114 RR.....	17
4.3 Área foliar e massa da matéria seca de folhas.....	18
4.3.1 M 7110.....	18
4.3.2 NS 7114 RR.....	20
4.4 Altura de caule e massa da matéria seca de caule.....	21
4.4.1 M 7110 IPRO.....	21
4.4.2 NS 7114 RR.....	23
4.5 Volume de raiz e massa da matéria seca de raiz.....	26

4.5.1 M 7110 IPRO.....	26
4.5.2 NS 7114 RR.....	28
4.6 Massa da matéria seca de estrutura reprodutiva.....	30
4.6.1 M 7110 IPRO.....	30
4.6.2 NS 7114 RR.....	31
5. CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Principais características das cultivares de soja utilizada no experimento I e II. Rio Verde – GO, 2016.....	9
TABELA 2	análise química e textural do solo no dos experimentos. Rio Verde – GO, 2015.....	9
TABELA 3	Resultados da análise de variância da variedade M 7110 IPRO para as características avaliadas em função dias e tensões hídricas. Rio Verde- GO, 2016.....	12
TABELA 4	Resultados da análise de variância da variedade NS 7114 RR para as características avaliadas em função dos dias e tensões hídricas. Rio Verde- GO, 2016.....	12
TABELA 5	Conteúdo relativo de água, em plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos tratamentos, Rio Verde – GO, 2016.....	14
TABELA 6	Conteúdo relativo de água (%), em plantas de soja variedade NS 7114 RR em função dos tratamentos, Rio Verde – GO, 2016.....	15
TABELA 7	Área e massa da matéria seca de folhas em plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos tratamentos, Rio Verde -GO, 2016.....	19
TABELA 8	Altura de caule e massa da matéria seca de caule, em plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos tratamentos, Rio Verde – GO, 2016.....	22
TABELA 9	Altura de caule (cm), em plantas de soja variedade NS 7114 RR em função dos tratamentos, Rio Verde – GO, 2016.....	24
TABELA 10	Área de raiz e massa da matéria seca de raiz, em plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos tratamentos, Rio Verde - GO, 2016.....	27

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Conteúdo relativo de água (CRA) de plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	13
FIGURA 2	Conteúdo relativo de água (CRA) de plantas de soja variedade NS 7114 RR em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016..	15
FIGURA 3	Taxa de liberação de eletrólitos (TLE) de plantas de soja variedade M 7110 IPRO cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (•) e 30% da capacidade de campo (°), em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	16
FIGURA 4	Taxa de liberação de eletrólitos (TLE) de plantas de soja variedade NS 7114 RR cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (•) e 30% da capacidade de campo (°), em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	17
FIGURA 5	Área foliar (A) e matéria seca de folhas (B) de plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	18
FIGURA 6	Área foliar (A) e massa da matéria seca de folhas (B) de plantas de soja variedade NS 7114 RR cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (•) e 30% da capacidade de campo (°), em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	20
FIGURA 7	Altura de caule (A) e massa da matéria seca de caule (B) de plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	22
FIGURA 8	Altura de caule e massa da matéria seca de caule de plantas de soja variedade NS 7114 RR, em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	23
FIGURA 9	Massa da matéria seca de caule de plantas de soja variedade NS 7114 RR cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (•) e 30% da capacidade de campo (°), em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	25

FIGURA 10	Volume de raiz (A) e matéria seca de raiz (B) de plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	26
FIGURA 11	Volume de raiz e massa da matéria seca de raiz de plantas de soja variedade NS 7114 RR cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (•) e 30% da capacidade de campo (°), em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	29
FIGURA 12	Matéria seca de estrutura reprodutiva em plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	31
FIGURA 13	Massa da matéria seca de estruturas reprodutivas de plantas de soja variedade NS 7114 RR cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (•) e 30% da capacidade de campo (°) em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.....	32

RESUMO

CAMPOS, Gabriela Wilk Baião, M.a., Universidade de Rio Verde, Setembro de 2016. **Comportamento de variedades de soja submetidas ao estresse hídrico.** Orientador: Dr. Carlos César Evangelista de Menezes.

Na cultura da soja, o déficit hídrico é um dos fatores limitantes à obtenção da máxima produtividade. Previsões ambientais sinalizam aumento do aquecimento global nas próximas décadas e, conseqüentemente, maior frequência nos períodos de seca. Objetivando avaliar o comportamento e as características envolvidas nas respostas de duas variedades de soja, submetidas a diferentes tensões hídricas em condições controladas, foi conduzido dois experimentos em casa de vegetação da Universidade de Rio Verde. O primeiro experimento foi realizado com a variedade M 7110 IPRO e o segundo com a variedade NS 7114 RR. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6, sendo duas tensões hídricas (80% CC e 30 % CC) e seis tempos de coleta, com cinco repetições. Aos 8, 23, 38, 53, 68 e 83 dias após imposição das tensões hídricas foram avaliados à altura de caule, área foliar, volume de raiz, matéria seca da folha, matéria seca do caule, matéria seca da raiz, matéria seca da estrutura reprodutiva, conteúdo relativo de água e tolerância protoplasmática em ambos os estudos. O déficit hídrico afetou de maneira distinta as variedades testadas, sendo a M 7110 IPRO a que apresentou melhor comportamento. A manutenção do conteúdo relativo de água, tolerância protoplasmática e área foliar mostram-se adequadas estratégias para a manutenção do potencial produtivo, devendo ser consideradas características de interesse indicativas de tolerância à seca para o desenvolvimento de variedades mais adaptadas a condições de restrição hídrica.

Palavras-chave: *Glycine max*, disponibilidade hídrica, potencial produtivo.

ABSTRACT

CAMPOS, Gabriela Wilk Baião, M.a., University of Rio Verde, September 2016. **Behavior of soybean varieties subjected to hydric stress.** Advisor: Dr. Carlos César Evangelista de Menezes.

In the soybean crop, the hydric deficit is one of the limiting factors to obtain maximum productivity. Environmental forecasts predict an increase in global warming in the following decades and, consequently, a greater frequency in the periods of drought. Aiming to evaluate the behavior and characteristics involved in the responses of two soybean varieties submitted to different hybrid tensions under controlled conditions, two experiments were conducted into a greenhouse at the University of Rio Verde. The first experiment was conducted with the variety M 7110 IPRO and the second with the variety NS 7114 RR. The trial design was completely randomized, in a 2 x 6 factorial scheme, with two hydric tensions (80% CC and 30% CC) and six-times of collection, with five repetitions. At 8, 23, 38, 53, 68 and 83 days after imposition of hydric tension, it have been evaluated the stem height, leaf area, root volume, leaf dry matter, stem dry matter, root dry matter, Reproductive structure, relative water content and protoplasmic tolerance in both studies. The hydric deficit affected in different ways the varieties tested, with M 7110 IPRO that showed the best performance. The maintenance of the relative water content, protoplasm tolerance and foliar area proves to be an adequate strategy for the maintenance of the productive potential, and should be considered characteristics of interest indicative of drought tolerance for the development of varieties more adapted to hydric restriction conditions.

Keywords: *Glycine max*, water availability, productive potential.

1. INTRODUÇÃO

A soja é originária da China e pertence à família Fabaceae (Leguminosae) (SEDIYAMA et al., 2009). Participa do desenvolvimento de um amplo complexo agroindustrial, sendo considerada a responsável pelo surgimento da agricultura comercial brasileira. Durante os últimos anos, o agronegócio tem ocupado um papel cada vez mais importante no PIB nacional, com destaque para a cultura da soja (FERRARI et al., 2015). A soja vem acelerando a mecanização, modernizando o transporte e expandindo fronteiras agrícolas colaborando para a tecnicidade e produção de outras culturas (DALL'AGNOL, 2000).

A geração de tecnologias contribuiu para que o Brasil aumentasse sua produção de soja (ROESSING et al., 2005), e passasse a ser uma commodity, padronizada e uniforme, podendo ser produzida e negociada por produtores de diversos países (HIRAKURI & LAZZAROTTO, 2011). O crescimento na produção da soja no Brasil vem sendo estimulado pelo aumento da demanda do grão como uma fonte boa e barata de proteína e calorias para produção de ração animal na Comunidade Europeia, que é o destino de cerca de 70% da soja exportada pelo Brasil (CORDEIRO, 2000; WWF, 2003).

O progresso da competitividade da agropecuária do Brasil, sobretudo nos últimos dez anos, e o empenho do governo e da iniciativa privada em estimular e divulgar o produto agrícola brasileiro no exterior têm proporcionado aumento das exportações do agronegócio (SILVA et al., 2010). Desta maneira, a soja vem se destacando como uma importante fonte de divisas para o Brasil, contribuindo com parcela significativa nas exportações brasileiras (EMBRAPA, 2007). Com o aumento do preço da soja no mercado mundial, os agricultores e o próprio governo passaram a investir em tecnologia para a adaptação da cultura às condições brasileiras, e passaram a competir na comercialização do mercado mundial de soja (CNEC, 2012).

Entretanto, o sucesso de todo esse complexo é extremamente dependente das condições climáticas (FARIAS et al., 2009). A produção agrícola está sujeita à ação das adversidades climáticas, como temperatura elevada ou baixa, baixa luminosidade e excesso ou falta de chuvas, sendo este último, o fator climático mais limitante para a produção de grãos (FIOREZE et al., 2011). A água é um fator abiótico fundamental na produção vegetal, sendo que, a falta ou o excesso, afeta de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas e, por isso, o manejo adequado desse bem é de relevante importância na maximização da produção agrícola (REICHARDT, 1985). Previsões ambientais sinalizam aumento do

aquecimento global nas próximas décadas e, conseqüentemente, um aumento dos períodos de seca (NEPOMUCENO et al., 2001). A seca causa um estresse abiótico que pode diminuir o rendimento médio da maioria das culturas em mais de 50% (BRAY, 2004), e está relacionada à diminuição do conteúdo de água no solo, submetendo as plantas ao déficit hídrico (PAIVA & OLIVEIRA, 2006). Devido a isto, o manejo racional desse recurso é um imperativo na maximização da produção agrícola.

A produção agrícola em ambientes com pouca disponibilidade hídrica é afetada de maneira direta, podendo os prejuízos ser minimizados por características das plantas que permitem a manutenção do status hídrico favorável durante o período de estresse (BLUM, 2005). Compreender como as plantas respondem ao déficit hídrico e a identificação dos mecanismos de tolerância à seca é fundamental para prever os impactos na produção das culturas (ATKIN & MACHEREL, 2009; BARTELS & SUNKAR, 2005), além de ser crucial aos programas de melhoramento genético no desenvolvimento de cultivares de soja mais tolerantes (CASAGRANDE et al., 2001).

Portanto, estudos mediante o estabelecimento de cenários futuros devem ser implementados visando disponibilizar as estimativas dos prováveis impactos a que a cultura da soja poderá estar exposta. Isso auxiliará na detecção de riscos e contribuirá para a definição de vulnerabilidades, fornecendo importantes subsídios para a necessidade de adaptação da cultura. Com isto, podem-se amenizar as perdas de produtores rurais que investiram em grandes áreas agrícolas que estão sujeitas às instabilidades do clima (MORANDO, 2014).

Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o comportamento e as características envolvidas nas respostas de duas variedades de soja, submetidas aos dias de imposição a diferentes tensões hídricas, em condições controladas.

2. REVISÃO

2.1. Descrição da espécie Soja (*Glycine max*)

A soja é uma leguminosa de ciclo anual (90 a 160 dias) originária do extremo Oriente, na China, onde essa espécie é cultivada há milhares de anos. Na década de 1920 do século passado, agricultores americanos iniciaram o cultivo da soja em larga escala, que era usada principalmente como um insumo para ração animal (HIN, 2002). No Brasil, o grão foi

introduzido no estado do Rio Grande do Sul por volta de 1960 e até meados de 1970, cerca de 80% da produção nacional de soja concentrava-se na região Sul. Atualmente, devido ao melhoramento genético é cultivada na região de cerrado, sul da Amazônia e algumas áreas dos estados do Nordeste.

A produção mundial passou de 159,83 milhões de toneladas obtidas no final dos anos 1990, para o volume recorde de 319,40 colhido na safra 2014/2015, um incremento de aproximadamente 100% no período (GREGGIO & BONINI, 2014). O Brasil é o segundo maior produtor de soja, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Na última safra (2014/2015), o Brasil apresentou uma produção de 96 milhões de toneladas, representando um incremento de 11,7% em relação ao ano anterior, alcançando 3.016 kg/ha, o segundo recorde de produtividade do país, superado somente pelo obtido na safra de 2010/2011 de 3.115 kg/ha⁻¹ (CONAB, 2015).

Períodos de estiagem (dias consecutivos) durante a estação chuvosa, com dias de calor intenso e forte insolação caracterizam fenômeno meteorológico denominado veranico, comum na região Centro-Oeste, que sofre seus efeitos principalmente refletidos na perda de grande parte de sua produção agrícola quando ocorre tal fenômeno (CASTRO NETO et al, 1986). Os veranicos registrados nas lavouras de Goiás e Distrito Federal, no final, de dezembro e janeiro, afetaram a produtividade média das lavouras, refletindo em incrementos na produção de soja de somente 1,3% para o Centro-Oeste, de acordo com o levantamento feito pela Conab na safra de 2014/2015, comparativamente à safra anterior.

Segundo Ferrari et al. (2015), cerca de 90% da biomassa da planta de soja é constituída por água, a qual atua em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos da planta. No entanto, algumas plantas apresentam maior tolerância aos efeitos do déficit hídrico do que outras, indicando que a tolerância a déficits hídricos é variável em função da cultivar utilizada (SANTOS, et al., 1992). A soja necessita de cerca de 450 a 800 mm de água durante o seu ciclo para obter máxima de produtividade (EMBRAPA, 2007). A exigência de água é maior nos períodos de germinação-emergência e na floração-enchimento de grãos, e a diminuição da disponibilidade de água no solo nesses períodos ocasiona redução mais acentuada na produtividade (EMBRAPA, 2007).

Durante a germinação, tanto o excesso quanto a falta de água são prejudiciais, pois, para uma boa germinação, a semente necessita absorver aproximadamente 50% do seu peso em água. Para isso, o solo não deve conter acima de 85%, nem abaixo de 50% da sua capacidade de retenção de água (FARIAS et al., 2007; SILVA, 2013). Sendo assim, a irregularidade das precipitações pluviais no início do período chuvoso pode incorrer em falta

de umidade na fase inicial da implantação das lavouras, o que causa estresse às plantas por conta do déficit hídrico, que nesta época é agravado pela intensa radiação solar e altas temperaturas (SOUZA et al., 2013).

A disponibilidade ideal de água durante todo o ciclo da cultura é o que pode permitir a obtenção do rendimento máximo. Visualmente, quando em condição de estresse hídrico, ocorrem alterações morfofisiológicas, tais como o enrolamento e murcha de folhas (EMBRAPA, 2011, GONÇALVES, 2013). Os folíolos tendem a se fechar para diminuir a exposição da área foliar (FERRARI, et al., 2015). O estresse hídrico pode interferir no crescimento e na diferenciação celular e, conseqüentemente, resultar em plantas de soja pouco desenvolvidas (INMET, 2009).

Para minimizar esses efeitos nas plantas, é necessária a utilização de medidas que garantam ajustes e, assim, viabilizando a continuidade do crescimento e desenvolvimento, protegendo o seu potencial produtivo. Esses ajustes no potencial de rendimento irão depender da capacidade da planta em interceptar, absorver e utilizar a radiação fotossinteticamente ativa para produzir e fornecer fotoassimilados à formação, fixação e desenvolvimento de estruturas reprodutivas (EGLI & CORNELIUS, 2009; PROULX & NAEVE, 2009).

2.2. Respostas morfofisiológicas ao déficit hídrico

A água é a substância mais abundante e uma das mais importantes na superfície terrestre, sendo o meio no qual se desenvolve toda atividade celular. É fundamental para manutenção da integridade funcional de moléculas biológicas, células, tecidos e organismos. Ela também possui um papel importante na manutenção e distribuição de calor além de ter características funcionais de preenchimento, meio de transporte e solvente para reações celulares (CAMPBELL, 1991).

A célula fisiologicamente ativa necessita de um ambiente interno com 80 a 95% de água (MARENCO & LOPES, 2005). A quantidade de água utilizada por uma cultura está associada à atividade fotossintética, à produção de matéria seca e à produtividade da espécie. No entanto, o máximo potencial fotossintético das plantas é raramente alcançado devido a fatores ambientais desfavoráveis, incluindo a seca (SILVA et al., 2007).

A quantidade de água transpirada através das folhas é controlada pelas condições ambientais e pela cultura. Portanto, a produtividade da cultura está diretamente relacionada à sua capacidade de extração de água do solo e eficiência no seu uso, principalmente quando esta se encontrar em condições de déficit (CARLESSO, 1993; PROCÓPIO et al., 2004).

A seca ou déficit hídrico é consequência de precipitação menor do que a evapotranspiração e estes fatores são diretamente dependentes das condições edafoclimáticas de cada região. Damatta & Ramalho (2006) definem a seca como um fator externo que exerce influência desvantajosa para o crescimento e desenvolvimento da planta, reduzindo o desempenho vegetal e, assim, é considerado um dos fatores que impõe estresse abiótico mais crítico e comum, que acomete as lavouras, afetando a produtividade agrícola, e produzindo efeitos variados nas plantas. Esses efeitos variam de acordo com a espécie, genótipo, duração e intensidade de perda de água, idade e estágio de desenvolvimento de órgãos (BATTAGLIA et al., 2007; BARTELS; SUNKARS, 2005; RAMPINO et al., 2006; ZHU et al.; 2005).

Neste sentido, a falta de água promove modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (BEZERRA et al., 2003) durante os diferentes estádios de desenvolvimento. Desta forma, influencia no alongamento e diferenciação celular, devido à redução da turgescência da célula, que resulta na diminuição da área foliar e, por fim, afeta a produção e translocação de fotoassimilados para as novas áreas de crescimento (NOGUEIRA et al, 2005; LARCHER, 2006).

Segundo Kramer (1995), o estresse hídrico, além de causar mudanças na expansão celular, na regulação estomática, na fotossíntese, na respiração na translocação de substâncias, na síntese de parede celular, na redução da taxa de crescimento, também, produz mudanças no padrão de translocação. O déficit pode modificar a utilização de carboidratos, pois altera a eficiência com que os fotoassimilados são convertidos para o desenvolvimento de partes novas (JORDAN, 1983), promovendo, assim, desequilíbrio entre a produção de assimilados e a demanda para o crescimento e o desenvolvimento da planta (LOWLOR, 1993). As alterações causadas por esse desequilíbrio dependem de aspectos genéticos, da intensidade do evento e do estágio de desenvolvimento das plantas (CHAVES, 1991; BRAY 1993).

Em situações de seca prolongada, o déficit hídrico reduz a velocidade de emergência e o desenvolvimento de plântulas (CAMARA & HEIFIG, 2000). Na fase vegetativa, reduz o crescimento de plantas e expansão da área foliar, já na reprodutiva, causa reduções drásticas no rendimento de grãos, devido ao abortamento de flores e de vagens, menor período de florescimento, menor número de grãos por vagens, menor período de enchimento de grãos e aceleração da senescência foliar (CUNHA et al., 2001). No entanto, a intensidade do efeito provocado pela falta de água depende da capacidade da planta em ajustar-se à condição de estresse. Porém, mesmo se ajustando ao estresse, a taxa de crescimento tende a ser diminuída devido ao custo energético dos processos de adaptação (GHOULAM et al., 2002).

2.3. Mecanismo de adaptação das plantas

Do ponto de vista ecofisiológico, somente o conhecimento dos fatores externos é insuficiente para inferir sobre a intensidade do déficit hídrico (LARCHER, 2000). Os vegetais desenvolvem diversos mecanismos para enfrentar o estresse hídrico. Esses podem ser por meio de alterações na morfologia, na histologia, na citologia e na fisiologia da planta (MACHADO, 2005). Assim, a compreensão dos processos fisiológicos subjacentes aos danos provocados por estresse e os mecanismos de adaptação e aclimatação de plantas a estresses ambientais é de grande importância para a agricultura e o ambiente (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Segundo Nascimento et al. (2011), não existe apenas uma variável fisiológica que seja indicativa de tolerância à seca. Como estratégia de defesa, as plantas podem desenvolver mecanismos para retardar, tolerar, e ainda escapar da desidratação (TAIZ; ZEIGER, 2006). Sendo o retardo da desidratação correspondente à capacidade da planta em manter a hidratação dos seus tecidos; a tolerância à desidratação a capacidade da planta em manter seu metabolismo enquanto desidrata; e o escape da seca, englobando as espécies que completam seu ciclo durante a estação úmida, antes do início da seca (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Em condição de estresse hídrico, a expansão foliar é uma das primeiras características afetadas. Com o avanço do estresse, observa-se um aprofundamento das raízes em direção a zonas do solo que permanecem úmidas (HOOGENBOMM et al., 1987). O déficit hídrico desencadeia o acúmulo e redistribuição de ácido abscísico (ABA) Esse ácido é, em seguida, transportado como “sinal da raiz” para diferentes partes da planta, onde induz uma variedade de efeitos (LARCHER, 2000). Nas folhas, o ABA induz o fechamento estomático. Ocorre uma alteração na alocação de assimilados sob a influência de hormônios sintetizados nas folhas e nas raízes em resposta à seca, e o equilíbrio parte aérea e raiz é comprometido (DIAS, 2008).

Sob condições de déficit hídrico, as plantas respondem com a redução da área foliar, fechamento estomático, redução da transpiração (KRAMER & BOYER, 1995) e aceleração da senescência e da abscisão foliar (PIMENTEL & ROSSIELO, 1995). Isto ocorre como forma de se adaptar a essa situação adversa, uma vez que diminui não apenas a transpiração, mas, também diminui o crescimento e a produção da planta, devido à diminuição da fotossíntese líquida (CAIRO, 1995 e BERGAMASHI, 1999).

Entre os mecanismos para minimizar a perda de água, o fechamento estomático, apesar de permitir uma maior conservação de água, promove a redução da assimilação de CO₂ e a consequente diminuição da produtividade (PLAUT, 1994). A atividade fotossintética declina paralelamente à diminuição do volume celular, com a evolução do déficit hídrico e declínio da

turgescência (MORAIS et al., 2003). Plantas submetidas à falta de água podem alterar a interceptação da radiação solar, através de modificações na exposição (movimento foliar) e duração de área foliar (FERRARI, et al., 2015). Quando submetidas a um déficit hídrico severo, as plantas reduzem a eficiência de utilização da radiação solar, acarretando na diminuição da fotossíntese (CONFALONE; NAVARRO, DUJMOVICH, 1999; GOLÇAVES, 2013).

Alterações bioquímicas celulares, também, podem ser observadas como resposta das plantas ao déficit hídrico (FLOSS, 2004). Alterações tais como, acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos, que é um importante mecanismo desenvolvido pelas plantas (NEPOMUCENO et al., 2001). O ajustamento osmótico, ou acúmulo de solutos pela célula é o processo pelo qual se reduz o potencial hídrico da célula, a fim de se manter o equilíbrio hídrico dentro da célula, ou seja seu volume de turgor (TAIZ & ZEIGER, 2006). A maior parte do ajuste osmótico pode ser calculada pelos aumentos da concentração de uma variedade de solutos, dentre, os quais citam-se: açúcares solúveis; aminoácidos, inclusive a prolina e compostos quaternários de amônio, entre eles a glicina betaína - e os polihidroxílicos (carboidratos e poliálcoois) são os solutos mais comumente acumulados em plantas em condições de estresse (ASHARAF & HARRIS, 2004) e o íon K^+ , que corresponde de 60% a 100% do ajuste osmótico (KRAMER, 1995; TURNER, 1997).

O acúmulo de solutos ativos intracelular é eficaz na diminuição do potencial hídrico e possibilita que a planta extraia mais água que se encontra firmemente retida. A adição dos solutos é responsável pela redução de até metade do valor do potencial osmótico auxiliando a manutenção da abertura dos estômatos e no funcionamento do aparelho fotossintético. O ajuste osmótico permite que a fotossíntese opere mesmo em condições de baixo potencial hídrico do solo (FERRARI, 2015). Este mecanismo foi constatado em inúmeras espécies vegetais sendo considerado um dos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, permitindo a abertura estomática e a fotossíntese, mesmo sob baixo potencial hídrico no solo (TURNER, 1986; KRAMER, 1995). Assim, torna possível que o crescimento celular ocorra mesmo em um potencial hídrico que geralmente seria inibidor. Segundo Oya et al. (2004), a manutenção de alta taxa de crescimento durante períodos de seca parece ser essencial para altas produtividades.

O ajuste osmótico não impede que a taxa fotossintética seja reduzida sob condições de falta de água. Nesse caso, a turgescência é mantida, permitindo que a fotossíntese e outras atividades fisiológicas ocorram, mesmo em menor intensidade, mas possibilitando a redistribuição de carbono e nitrogênio. Essa produção permite que haja translocação de fotoassimilados para as raízes contribuindo para o seu aprofundamento (PALTA et al., 1994).

Segundo Damatta (2004), um sistema radicular vigoroso e profundo, o aumento na concentração de solutos e o consequente ajuste osmótico, um eficiente controle estomático sobre a transpiração, a manutenção da turgescência foliar podem ser considerados importantes mecanismos de tolerância à seca.

E, para entender como essas mudanças atuam de fato na planta, a análise de crescimento surge como uma ferramenta que produz conhecimentos de valor prático, sendo muito eficiente para a identificação de materiais promissores e na busca por materiais mais produtivos, além de indicar as condições morfofisiológicas das plantas e quantificar a produção líquida, derivada do processo fotossintético, sendo o resultado do desempenho do sistema assimilatório durante certo período de tempo (BENINCASA, 2003).

Conhecer o comportamento da cultura quando submetida a diferentes quantidades de água disponível, e determinar quando a falta ou excesso provocaria queda de produção torna-se uma necessidade (BERNARDO, 1996). Neste sentido, estudos da fisiologia de vegetais sob déficit hídrico são conduzidos para se determinar, de maneira rápida, indicadores eficientes de seleção de plantas tolerantes (PIMENTEL et al., 2002). Com tais resultados é possível estabelecer estratégias confiáveis para o melhoramento genético (BAJJI et al., 2002; FAROOQ & AZAN, 2001; WATKINSON et al., 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e condições dos experimentos

Dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Universidade de Rio Verde (UniRV), situada no município de Rio Verde, Goiás, Brasil. Utilizaram-se duas variedades de soja, sendo M7110 IPRO utilizada no primeiro experimento e NS 7114 RR no segundo experimento (Tabela 1). Essas variedades foram escolhidas, pois além de serem comumente utilizadas no sudoeste goiano, elas também apresentaram características contrastantes em relação ao déficit hídrico, segundo relato dos produtores da região na safra de 2013/2014.

Tabela 1. Principais características das cultivares de soja utilizada no experimento I e II. Rio Verde – GO, 2016

Características	Cultivares	
	M 7110 IPRO	NS 7114 RR
Grupo de Maturação	7.1	7.1
Ciclo (dias)	110	110
Hábito de Crescimento	Indeterminado	Indeterminado
Biotecnologia	Intacta IPRO	Roundup Ready

As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para 8 dm³, a adubação e a correção de acidez do solo foram realizadas com base na análise química do substrato segundo recomendação da Embrapa (2004) (Tabela 2). Em cada vaso, foram semeadas oito sementes de soja e sete dias após a emergência das plântulas, foi realizado um desbaste a fim de manter apenas três plantas por vaso.

Tabela 2. Resultado da análise química e textural do solo no dos experimentos. Rio Verde – GO, 2015

Ca	Mg	Al	Al+H	K	K	P (Mehlich)	S
-----cmolc d ⁻³ -----				-----mg dm ⁻³ -----			
0,74	0,58	0,05	4,0	0,11	44	0,69	8,2
CaCl ₂	m%	V%	CTC	SB	Argila	Silte	Areia
-----cmolc dm ⁻³ -----				-----%-----			
4,94	3,36	26,64	5,40	1,44	50	19	31

3.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2 x 6, correspondendo a duas tensões hídricas no solo (80% da capacidade de campo – irrigado e 30% da capacidade de campo – sob déficit) e seis datas de coleta, com cinco repetições. Cada repetição correspondendo a um vaso com três plantas.

3.3 Procedimento para a avaliação das plantas

As plantas foram coletadas a cada quinze dias a partir do estágio fenológico V1, para a determinação das relações hídricas, características morfológicas e matéria seca. A umidade do solo foi monitorada por meio da pesagem diária dos vasos, utilizando balança eletrônica portátil, e mantida próxima à capacidade de campo proposta.

3.3.1. Relações hídricas

Folhas completamente expandidas foram coletadas para a determinação do conteúdo relativo de água (CRA) e tolerância protoplasmática foliar à seca (TLE).

Os valores de CRA foram determinados, segundo a metodologia descrita por Barrs & Weatherley (1962), mediante a pesagem da massa da matéria fresca (MF), túrgida (MT) e seca (MS) de discos foliares, usando a fórmula: $CRA = \frac{(MF - MS)}{(MT - MS)} \times 100$. Para cada parcela,

foram coletados 15 discos foliares de 5 mm de diâmetro e, então, foi determinada a massa da matéria fresca. Em seguida, os discos foram colocados em placas de petri contendo 10 mL de água onde permaneceram durante 24 horas. Após esse período, retirou-se o excesso de umidade e os discos foram pesados novamente, obtendo assim a massa da matéria túrgida. Posteriormente, foram colocados em estufa a 65°C por 48 horas, para a determinação da massa da matéria seca.

A tolerância protoplasmática foliar à seca foi avaliada pela taxa de liberação de eletrólitos em 10 discos foliares (5 mm de diâmetro) por repetição. Os discos foram lavados previamente com água e então submersos em 30 ml de água deionizada, em frascos âmbar, por um período de 24 horas. Após esse período, mediu-se a condutividade livre (CL, $\mu S/cm$), em seguida, os mesmos vidros foram colocados em estufa a 100°C por 1 hora e medida a condutividade total (CT, $\mu S/cm$), segundo a metodologia descrita por Vasquez-Tello et al. (1990) e Pimentel et al. (2002). Para evitar erro nos resultados, o sensor foi lavado entre cada leitura com água deionizada. A partir destes dados foi calculada a taxa de liberação de eletrólitos: $TLE = (CL/CT) \times 100$.

3.4 Características morfológicas e acúmulo de matéria seca

Aos 8, 23, 38, 53, 68 e 83 dias de imposição dos tratamentos, as plantas foram coletadas e suas estruturas separadas em raiz, caule, folhas e estruturas reprodutivas. A altura de planta foi avaliada, considerando-se o comprimento da haste principal do colo até o ponto de crescimento.

A área foliar determinada em cm^2 , mediante a integração da imagem digital das folhas por meio do aparelho CI-202 laser area meter (Bio-Science). As raízes foram lavadas em água corrente para retirar todos os resíduos do substrato, sendo o volume medido, dado em ml, pelo deslocamento da coluna de água numa proveta graduada.

Para a obtenção da massa da matéria seca, expressa em g planta⁻¹, as partes da planta foram colocadas na estufa de circulação de ar, a 65°C por um período de 72 horas e pesadas em balança analítica de precisão obtendo, assim, valores de massa de matéria seca de cada estrutura coletada.

3.5 Análise estatística

Para os dois experimentos, os dados foram submetidos às análises de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett, sendo posteriormente submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando necessário foram ajustados modelos de regressão, utilizando o programa de análise estatística SISVAR. Os dados de taxa de liberação de elétrons e altura de caule não necessitaram transformação, enquanto os demais dados de massa de matéria seca e área foliar e conteúdo relativo de água foram transformados em $(x+0,5)^{1/2}$, $\ln(x)$, $(x)^{1/2}$, respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 2) para variedade M 7110 IPRO, a tolerância protoplasmática (TLE) apresentou interação significativa dos fatores dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas. Enquanto a massa de matéria seca de estruturas reprodutivas (MSER) apresentou diferença apenas para os dias de imposição dos tratamentos. Nas demais características avaliadas, foram observadas diferenças significativas para dias e tensões hídricas de forma isolada.

Tabela 3. Resultados da análise de variância da variedade M 7110 IPRO para as características avaliadas em função dias e tensões hídricas. Rio Verde- GO, 2016

FV	F calculado								
	CRA	TLE	AF	MSF	AC	MSC	VR	MSR	MSER
Dias	19,0**	13,0**	30,8**	32,7**	78,5**	40,3**	5,4**	39,3**	136,1**
Tensões hídricas	9,5**	20,0**	55,9**	16,7**	99,7**	5,1*	170,5**	75,8**	0,2
Dias * Tensões hídricas	1,58	2,5*	1,0	0,5	1,5	1,3	0,7	1,3	0,1
C.V. (%)	6,1	16,8	4,5	8,9	9,2	0,3	12,3	9,8	12,6
Média geral	7,9	25,7	5,0	1,1	20,9	0,7	3,9	1,5	1,1

**, * significativo, a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. CRA: Conteúdo relativo de água, TLE: Taxa de liberação de eletrólitos, AF: Área foliar, MSF: Matéria seca de folha, AC: Altura de caule, MSC: Matéria seca de caule, VR: Volume de raiz, MSR: Matéria seca de raiz, MSER: Matéria seca de estrutura reprodutiva.

No segundo experimento utilizando a variedade NS 7114 RR, todas as características apresentaram diferenças significativas para a interação dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas, exceto altura de caule e conteúdo relativo de água que exibiram diferenças significativas para dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas de forma isolada (Tabela 3).

Tabela 4. Resultados da análise de variância da variedade NS 7114 RR para as características avaliadas em função dos dias e tensões hídricas. Rio Verde- GO, 2016

FV	F calculado								
	CRA	TLE	AF	MSF ^d	AC	MSC	VR	MSR	MSER
Dias	66,3**	28,2**	45,0**	47,9**	67,2**	52,2**	8,5**	38,0**	42,2**
Tensões hídricas	14,2**	45,5**	82,2**	32,1**	22,9**	57,1**	181,7**	139,1**	11,6**
Dias * Tensões hídricas	1,3	3,2**	3,9**	6,6**	1,8	9,1**	63,1**	9,2**	2,6*
C.V. (%)	6,8	16,4	4,3	8,5	11,2	8,9	12,8	10,3	23,0
Média geral	7,1	23,0	4,97	1,10	23,7	1,08	3,6	1,4	1,2

**, * significativo, a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. CRA: Conteúdo relativo de água, TLE: Taxa de liberação de eletrólitos, AF: Área foliar, MSF: Matéria seca de folha, AC: Altura de caule, MSC: Matéria seca de caule, VR: Volume de raiz, MSR: Matéria seca de raiz, MSER: Matéria seca de estrutura reprodutiva.

4.1 Conteúdo Relativo de Água

4.1.1 M 71110 IPRO

As determinações do CRA indicaram diferenças significativas em função dos dias de imposição dos tratamentos e em função das tensões hídricas aplicadas, não sendo observado efeito da interação entre esses dois fatores (Tabela 3). Os valores observados para o CRA demonstram que houve incrementos no conteúdo de água da folha até os 47 dias de imposição dos tratamentos, sendo reduzido após esse período (Figura 1).

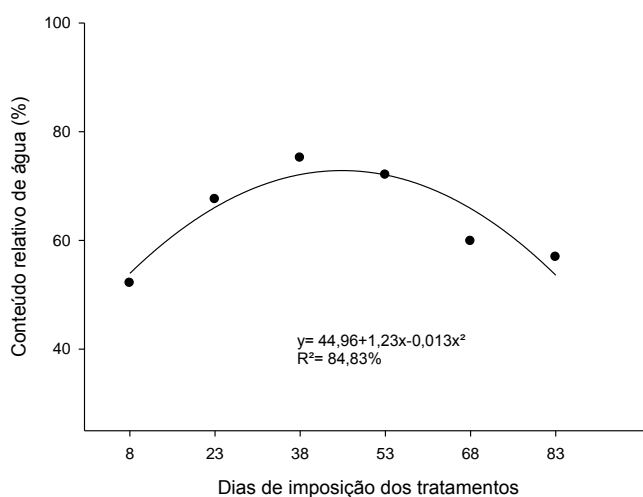


Figura 1. Conteúdo relativo de água (CRA) de plantas de soja variedade M 71110 IPRO em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

A redução do teor de água na folha acarreta na inibição da expansão foliar (BOYER, 1970). Dessa maneira, os resultados do experimento sugerem que, à medida que houve aumento no conteúdo relativo de água, houve expansão de folhas favorecendo o crescimento das plantas. Após o florescimento, deu-se início ao processo de senescência, sendo observada, também, a diminuição do conteúdo relativo de água.

Em função da quantidade de água disponível, os resultados foram menores quando as plantas foram mantidas a 30% da capacidade de campo do que quando mantidas a 80%, apresentando um conteúdo relativo médio de água de 60,95% e 64,94%, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Conteúdo relativo de água, em plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos tratamentos, Rio Verde – GO, 2016

Tensões hídricas	Dias de imposição dos tratamentos						Média
	8	23	38	53	68	83	
Conteúdo relativo de água (%)							
30% CC	49,14	66,05	68,93	71,97	56,5	53,11	60,95 B
80% CC	55,14	69,05	81,42	72,12	63,19	60,76	64,94 A
Média	52,14	67,55	75,18	72,04	59,85	56,93	

¹Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Freitas et al (2007), trabalhando com *Euterpe edulis* Mart. Estes autores observaram que o teor de água diminui nas plantas sob maiores tensões hídricas, pois com a redução da disponibilidade de água e com a transpiração, a planta perde água para a atmosfera tornando-se murcha, uma vez que a planta não consegue retirar a água do solo devido à baixa quantidade disponível.

4.1.2 NS 7114 RR

O conteúdo relativo de água apresentou diferenças significativas em função dos dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas (Tabela 4) não apresentando interação significativa entre os fatores.

Este comportamento foi semelhante ao da variedade M7110 IPRO, entretanto a variedade NS7114 RR mostrou-se mais sensível à redução da água disponível do solo, apresentando menores valores absolutos de conteúdo relativo de água. De acordo com Fioreze et al. (2011), este comportamento parece estar associado ao menor controle estomático das perdas de água, em resposta à diminuição da disponibilidade de água no solo.

O conteúdo de água da folha aumentou até os 41 dias. Após esse período, ocorreu diminuição para essa característica (Figura 7).

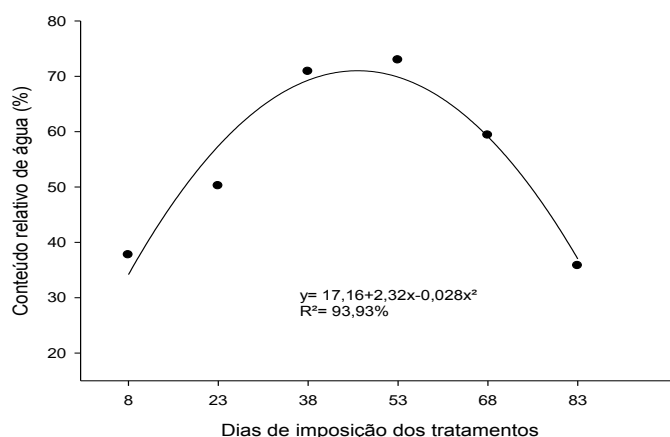


Figura 2. Conteúdo relativo de água (CRA) de plantas de soja variedade NS 7114 RR em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

Para as tensões hídricas impostas, o conteúdo relativo de água foi de 51,90% e 56,37% para planta mantidas a 30% e 80% da capacidade de campo respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6. Conteúdo relativo de água (%), em plantas de soja variedade NS 7114 RR em função dos tratamentos, Rio Verde – GO, 2016

Tensões hídricas	Dias de imposição dos tratamentos						Média
	8	23	38	53	68	83	
	Conteúdo relativo de água (%)						
30% CC	37,69	44,01	63,48	69,45	55,95	40,86	51,90 B
80% CC	37,75	56,39	78,21	72,39	62,78	30,71	56,37 A
Média	37,72	50,2	70,85	72,92	59,36	35,78	

¹Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A redução do conteúdo relativo de água, também, foi observada por vários autores em diferentes espécies de plantas submetidas ao déficit hídrico, tais como, trigo (FUMIS e PEDRAS, 2002), cana-de-açúcar (SILVA, et al. 2007), feijão (GUIMARÃES, 2001 e MACHADO, 2007) e soja (ZOZ, 2009).

4.2 Tolerância protoplasmática

4.2.1 M 7110 IPRO

Foi possível observar que houve aumento na taxa de liberação de eletrólitos com a evolução dos dias em ambas as tensões hídricas impostas, indicando que ocorreu uma redução

na tolerância protoplasmática ao longo do desenvolvimento das plantas (Figura 2). Plantas mantidas a 30% da capacidade de campo apresentaram aumento na taxa de liberação de eletrólitos de $0,16\mu S/cm$ a cada período avaliado, enquanto plantas mantidas a 80% da capacidade de campo tiveram menor taxa de liberação eletrólitos com $0,15\mu S/cm$.

A resposta fisiológica à deficiência hídrica pode chegar a efeitos irreversíveis na estrutura das membranas celulares, devido às alterações na sua composição e, assim, comprometendo a integridade destas (PAULA et al., 1990). As alterações são causadas, em parte, pelo aumento da atividade de lipases, proteases e formas ativas de oxigênio no citoplasma (ROY-MACAULEY et al., 1992). Uma das consequências neste estágio é o aumento da permeabilidade celular e a saída de íons da célula (DEXTER et al., 1932). Essa extrusão de íons pode ser avaliada pela medida da condutividade elétrica e, portanto, inferir o grau de tolerância protoplasmática foliar à seca.

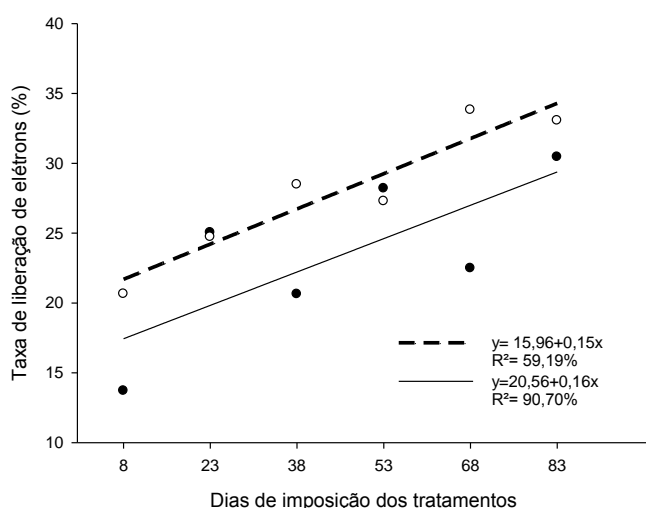


Figura 3. Taxa de liberação de eletrólitos (TLE) de plantas de soja variedade M 7110 IPRO cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (●) e 30% da capacidade de campo (○), em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

Segundo Pimentel et al. (2002), uma menor porcentagem de dano irá indicar menor taxa de liberação de eletrólitos e maior tolerância protoplasmática, o que reforça os dados obtidos. Embora plantas submetidas a 80% da capacidade de campo tenham apresentado menores porcentagens de dano, esperava-se que não houvesse dano às membranas quando as plantas fossem mantidas nessas condições de água disponível.

4.2.2 NS 7114 RR

A tolerância protoplasmática foi reduzida com o progresso dos dias em ambas as tensões hídricas, evidenciada pelo aumento da liberação de eletrólitos (Figura 8).

Apesar da semelhança de comportamento entre os experimentos quanto à tolerância protoplasmática, observa-se que na variedade NS 7114 RR ocorreu o aumento mais expressivo da taxa de liberação de eletrólitos. A cada dia de imposição dos tratamentos, foram observados acréscimos na taxa de liberação de eletrólitos de $0,27\mu S/cm$ para plantas a 30% da capacidade de campo e $0,17\mu S/cm$ em plantas mantidas a 80% da capacidade de campo.

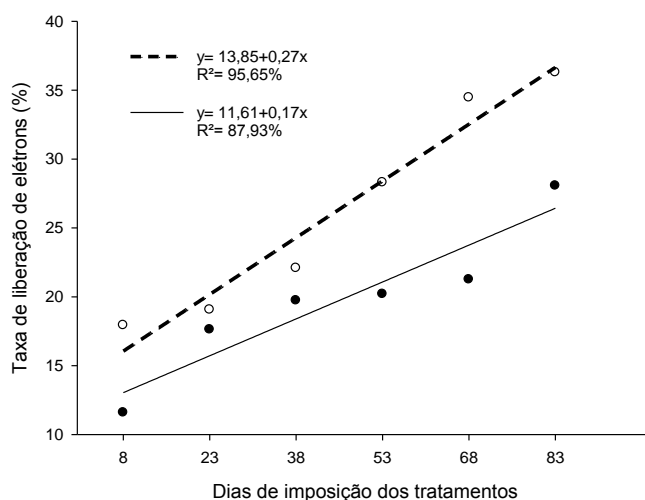


Figura 4. Taxa de liberação de eletrólitos (TLE) de plantas de soja variedade NS 7114 RR cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (●) e 30% da capacidade de campo (○), em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

De acordo com Pimentel et al. (2002), a avaliação da tolerância protoplasmática foliar à desidratação permite detectar diferenças entre genótipos quanto à tolerância ao déficit hídrico.

A tolerância protoplasmática à desidratação foliar foi observada, também, em genótipos de feijão caupi (PIMENTEL et al., 2002) e grão de bico (GUPTA et al., 2000), quando genótipos tolerantes apresentaram baixo índice de injúrias nas membranas.

4.3 Área foliar e massa da matéria seca de folhas

4.3.1 M 7110

A área foliar e a massa da matéria seca de folhas apresentaram diferenças significativas para dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas de maneira isolada (Tabela 3). O comportamento que melhor se ajustou para essas características foi o quadrático (Figura 3A e 3B).

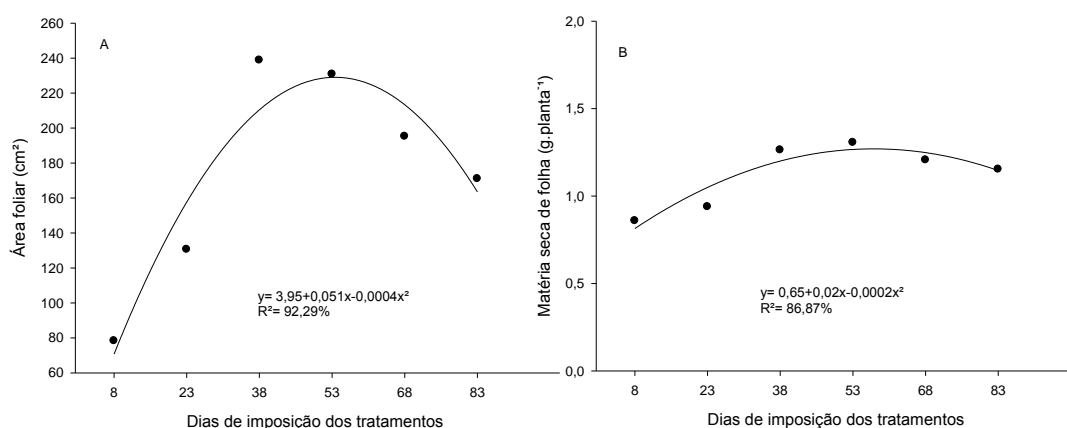


Figura 5. Área foliar (A) e matéria seca de folhas (B) de plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

A área foliar aumentou durante o estágio vegetativo, até aos 63 dias. O mesmo comportamento foi observado para massa da matéria seca de folhas, uma vez que sua produção é dependente da fotossíntese.

Segundo Mundstock & Thomas (2005), isto ocorre porque depois do período de máxima expansão da área foliar e início da fase reprodutiva, o principal dreno passa a ser os grãos, a partir dessa alteração começa também ocorrer senescência e queda de folhas.

De acordo com Peixoto & Peixoto (2004), após a expansão de folhas e desenvolvimento do sistema radicular, a planta retira água e nutrientes do substrato e inicia os processos dependentes da fotossíntese, passando por uma fase de crescimento linear com maior incremento na taxa de matéria seca; ao atingir o tamanho definitivo, a planta entra para fase de senescência, diminuindo a interceptação da energia luminosa, resultando em decréscimo no acúmulo de matéria seca.

Para estas características, foram observadas, também, diferenças significativas em relação às tensões hídricas impostas (Tabela 3). Os resultados demonstram que quando as plantas foram mantidas a 30% da capacidade de campo houve reduções na área foliar e massa da matéria seca de folhas (Tabela 7).

Tabela 7. Área foliar e massa da matéria seca de folhas em plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos tratamentos, Rio Verde -GO, 2016

Tensões hídricas	Dias de imposição dos tratamentos						Média
	8	23	38	53	68	83	
	Área foliar (cm ²)						
30% CC	59,9	99,9	159,5	169,7	173,5	151,3	135,6 B
80% CC	96,7	161,4	318,1	292,0	217,0	190,8	212,7 A
Média	78,3	130,6	238,8	230,8	195,2	171	
Tensões hídricas	Dias de imposição dos tratamentos						Média
	8	23	38	53	68	83	
	Massa da matéria seca de folhas (g planta ⁻¹)						
30% CC	0,18	0,32	0,69	1,01	0,99	0,79	0,66 B
80% CC	0,29	0,44	1,19	1,47	1,14	0,99	0,92 A
Média	0,23	0,38	0,94	1,24	1,07	0,89	

¹Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A diminuição da área foliar pode se traduzir num mecanismo de defesa da planta para reduzir as perdas pela transpiração e economizar água. Isso ocorre porque quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico, exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores (SANTOS & CARLESSO, 1998)

É comum observar redução da área foliar em plantas submetidas ao estresse hídrico (CONFORTO, 2008); Pinto et al. (2008), também, observaram redução de área foliar e número de folhas em plantas de amendoim, gergelim e mamona sob menores tensões hídricas.

A diminuição da massa de matéria seca de folhas em plantas mantidas a 30% da capacidade de campo está de acordo com o resultados encontrados por Poustini et al. (2007), que trabalhando com plantas de trigo observaram que a imposição do déficit hídrico diminui o conteúdo da matéria seca de folhas e sugerem que esses resultados coincidem com o verificado para área foliar.

Como resposta ao déficit hídrico, há a restrição ao acúmulo de biomassa (SILVA, 2004), prejudicando tanto no crescimento inicial das plantas como nos estádios mais tardios,

limitando a dimensão das folhas individuais, o número de folhas, e, conseqüentemente, a área foliar total, e o crescimento da matéria seca total da planta (MAHAJAN e TUTEJA, 2005).

4.3.2 NS 7114 RR

A área foliar e matéria seca de folhas apresentaram interação significativa para dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas impostas. O efeito dos dias proporcionou um comportamento quadrático (Figura 9A e B).

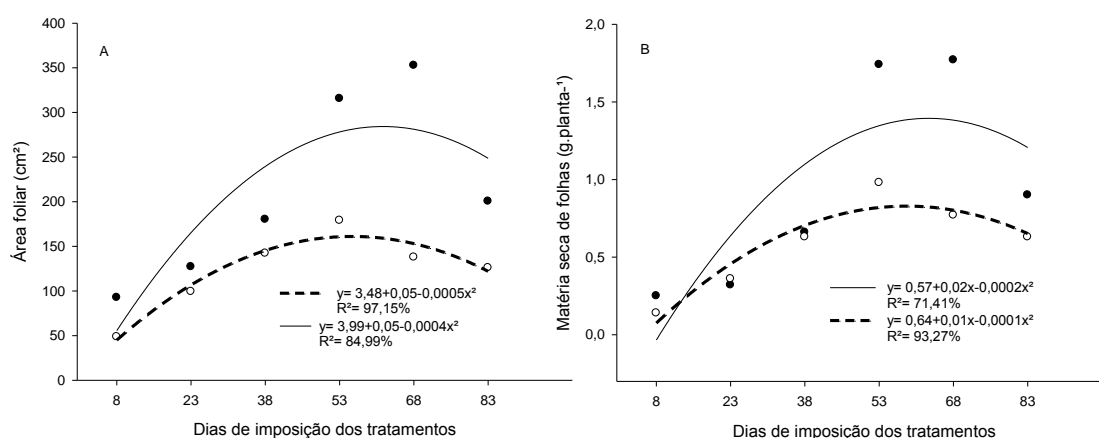


Figura 6. Área foliar (A) e massa da matéria seca de folhas (B) de plantas de soja variedade NS 7114 RR cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (•) e 30% da capacidade de campo (°), em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

Esse comportamento foi diferente do obtido para variedade M 7110 IPRO. De acordo James et al. (2008), a manutenção do conteúdo relativo de água tem sido eficiente na diferenciação de genótipos de soja, em grande parte dos trabalhos de pesquisa relacionados com déficit hídrico, apontando elevada correlação com a manutenção da área foliar. Dessa maneira, a diferença de comportamento pode estar associada a maiores valores de conteúdo relativo de água apresentados pela variedade M 7110 IPRO.

Plantas mantidas a 80% da capacidade de campo apresentaram redução de área foliar após os 62 dias, enquanto plantas a 30% da capacidade de campo tiveram reduções a partir dos 50 dias de imposição dos tratamentos (Figura 9A). Esses resultados indicam que plantas mantidas a uma menor tensão hídrica exibiram como estratégia a diminuição da área foliar devido à antecipação da senescência, na tentativa de diminuir a perda de água pela transpiração.

Segundo Carlesso (1993), a senescência é um efeito comum para a cultura próximo à fase de maturação; no entanto, pode ocorrer em respostas a diversas formas de estresses. A queda de folhas mais velhas e a consequente redução no número de folhas é considerada, por Taiz e Zeiger (2004), reação comum das plantas em situações de déficit hídrico, quando a abscisão foliar é estimulada pela síntese acentuada e maior sensibilidade ao etileno.

Comportamento similar foi encontrado por Lawlor et al. (1981), estudando os efeitos do déficit hídrico na cultura da cevada. Os autores verificaram diminuição no índice de área foliar devido à menor expansão e número de folhas e antecipação da senescência.

Os valores obtidos para área foliar refletiram nos resultados encontrados para massa de matéria seca de folhas (Figura 9B). A redução da massa de matéria seca de folhas iniciou após os 61 dias para plantas mantidas a 80% da capacidade de campo e 50 dias para plantas mantidas a 30%.

A redução da expansão foliar e a antecipação da senescência, consequentes do estresse hídrico, prejudicam o equilíbrio entre demanda de assimilados e a fotossíntese em declínio (FERRARI et al., 2015). Nesse sentido, a massa da matéria seca das folhas foi reduzida com o estresse hídrico, provavelmente devido à queda de folhas causada pela redução na disponibilidade de água para as plantas (MATSUI; SINGH, 2003).

4.4 Altura de caule e massa da matéria seca de caule

4.4.1 M 7110 IPRO

Os resultados para altura e massa da matéria seca de caule apresentaram diferenças significativas para dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas (Tabela 3), de forma isolada. Essas características exibiram comportamento linear para os dias de imposição dos tratamentos (Figura 4A e 4B), com acréscimos de 0,17cm por dia durante o período avaliado para altura de caule e 0,0125 g planta⁻¹ para matéria seca de caule.

Esses resultados estão de acordo Peixoto & Peixoto (2004) que ao estudarem a dinâmica do crescimento vegetal, indicam que as fases de crescimento de uma planta representam as modificações no tamanho, na massa ou no volume, de qualquer órgão, em função do tempo.

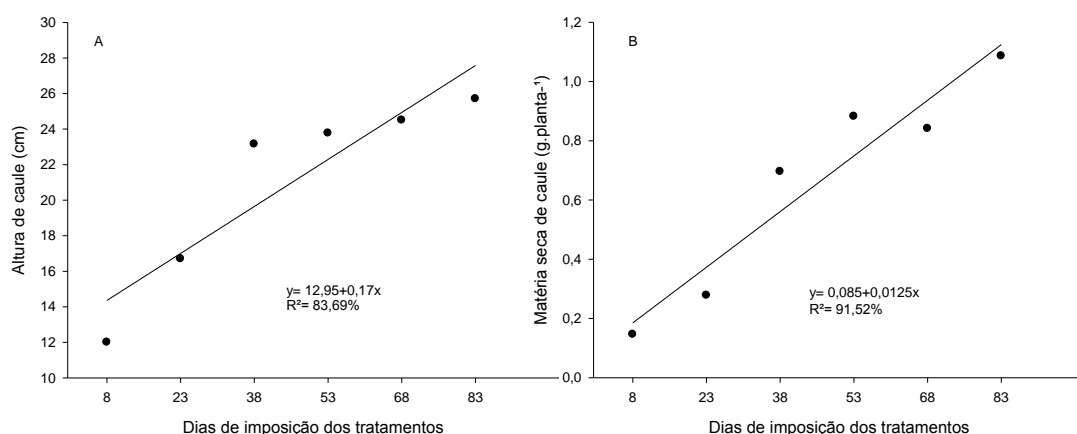


Figura 7. Altura de caule (A) e massa da matéria seca de caule (B) de plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos dias de imposição dos tratamentos . Rio Verde, 2016.

A altura de caule e massa de matéria seca de caule foram afetadas pelas tensões hídricas aplicadas (Tabela 3). Houve redução na altura de caule quando as plantas foram mantidas sob menor capacidade de campo (Tabela 8).

Comportamentos semelhantes foram encontrados por Martins et al. (2010), avaliando a espécie Nim-indiano, sob diferentes regimes hídricos. Os autores observaram reduções na altura e no diâmetro do caule nos tratamentos com menor quantidade de água. O crescimento celular é um processo dependente da turgidez e, conseqüentemente, é extremamente sensível à deficiência hídrica (MORANDO, 2014).

Tabela 8. Altura de caule e massa da matéria seca de caule, em plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos tratamentos, Rio Verde – GO, 2016

Tensões hídricas	Dias de imposição dos tratamentos						Média
	8	23	38	53	68	83	
Altura de caule (cm)							
30% CC	10,5	14,9	20,7	21,2	21,4	22,2	18,48 B
80% CC	13,5	18,5	25,6	26,34	27,6	29,2	23,45 A
Média	12	16,7	23,15	23,77	24,5	25,7	
Tensões hídricas	Dias de imposição dos tratamentos						Média
	8	23	38	53	68	83	
Massa da matéria seca de caule (g planta ⁻¹)							
30% CC	0,11	0,23	0,48	0,65	0,74	0,81	0,50 B
80% CC	0,17	0,32	0,9	1,02	1,02	1,35	0,80 A
Média	0,14	0,27	0,69	0,84	0,88	1,08	

¹Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A restrição hídrica, tanto no crescimento inicial das plantas quanto nos estágios mais tardios, não limita somente o tamanho das folhas, mas também o número de folhas, o número e a taxa de crescimento dos ramos e o crescimento do caule (TAIZ & ZEIGER, 2009). Este fato se deve à redução da turgescência das células e de outros fatores envolvidos nos processos fisiológicos, uma vez que para existir alongamento celular são necessários níveis mínimos de turgescência (KRAMER & BOYER, 1995).

Plantas mantidas a 80% da capacidade de campo apresentaram maior quantidade de massa da matéria seca de caule. A redução da massa de matéria seca de caule em plantas mantidas a 30% da capacidade de campo foi de 37,5%.

Comportamento similar foi encontrado por Santiago (2000), que ao avaliar o crescimento de plantas jovens da espécie sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth), verificou que o déficit hídrico provocou redução tanto na massa da matéria seca das folhas quanto na do caule.

Isto ocorre porque o déficit hídrico modifica a partição e alocação de fotoassimilados, pois altera a eficiência com que os fotoassimilados são convertidos para o desenvolvimento de partes novas (JORDAN, 1983) fazendo com que as plantas desenvolvam mecanismos de adaptação, promovendo mudanças na translocação da matéria seca.

4.4.2 NS 7114 RR

A altura do caule apresentou diferenças significativas para dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas de maneira isolada, mas não apresentou para a interação dias e tensões hídricas (Tabela 4). A altura do caule aumentou linearmente com o decorrer do tempo (Figura 8).

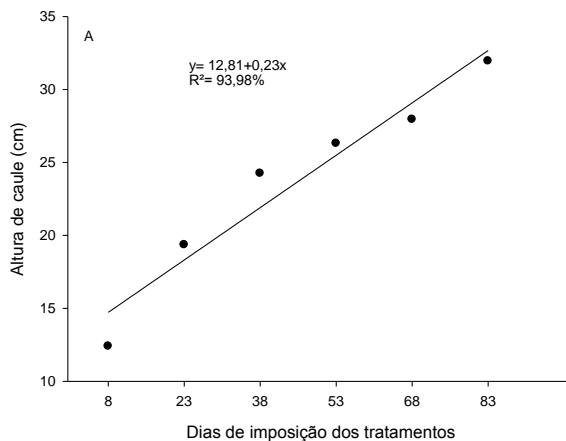


Figura 8. Altura de caule e massa da matéria seca de caule de plantas de soja variedade NS 7114 RR, em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

A semelhança no comportamento da altura do caule entre as cultivares pode estar relacionada ao hábito de crescimento dos dois materiais, não sendo considerada característica eficiente para diferenciar as variedades quanto à tolerância ao déficit hídrico.

A soja é uma planta anual, constituída de estruturas que apresentam crescimento determinado e indeterminado. As estruturas determinadas crescem até certo tamanho e então param de crescer (folhas, flores e frutos) (GUIMARÃES, 2012).

Por outro lado, os caules e as raízes são estruturas de crescimento indeterminado, estas estruturas crescem pela atividade dos meristemas apicais que são persistentes. Embora uma estrutura seja indeterminada, quando a planta passa da fase vegetativa para a reprodutiva a estrutura torna-se determinada e paralisa o seu crescimento (GUIMARÃES, 2012). No entanto, não se percebe o ponto de inflexão da curva no gráfico demonstrando a paralisação do crescimento do caule. Esse comportamento se deve, certamente, ao término do experimento antes do final do ciclo da planta.

Para altura de caule, foram observadas diferenças significativas para as tensões hídricas. Assim, plantas mantidas a 30% da capacidade de campo apresentaram menor altura de caule (Tabela 9).

Tabela 9. Altura de caule (cm), em plantas de soja variedade NS 7114 RR em função dos tratamentos, Rio Verde – GO, 2016

Tensões hídricas	Dias de imposição dos tratamentos						Média
	8	23	38	53	68	83	
	Altura de caule (cm)						
30% CC	11,9	18,3	22,4	24	27,3	28,4	22,05 B
80% CC	12,9	20,4	26,1	28,6	28,6	35,5	25,35 A
Media	12,4	19,35	24,25	26,3	27,9	31,9	

¹Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Salienta-se que a falta de água reduz a pressão de turgor das células vegetais (TAIZ & ZEIGER, 2009), fato que tende a diminuir o alongamento celular e, assim, o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Esse resultado proporciona reduções na expansão foliar e altura de caule, refletindo também no menor acúmulo de biomassa (CHAVES, 2001; SILVA et al., 2001).

Nezami et al. (2008) mostraram decréscimo do crescimento de plantas de girassol, quando a disponibilidade de água no solo foi menor, concordando com os resultados do experimento.

Os valores de massa da matéria seca do caule da variedade NS7114 diferiram significativamente para a interação dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas (Tabela 9), diferindo do comportamento observado no primeiro experimento, com a variedade M7110. Isto porque o comportamento da área foliar refletiu nos resultados de matéria seca do caule, uma vez que a produção de matéria seca é dependente da radiação fotossinteticamente ativa interceptada e absorvida pelas folhas, bem como à eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química, pela fotossíntese (RADIN et al., 2002).

Foi observado o comportamento linear para as duas tensões hídricas impostas ao longo do ciclo da cultura. No entanto, é possível observar que plantas mantidas a 30% da capacidade de campo apresentaram menor acúmulo de massa da matéria seca de caule (Figura 11).

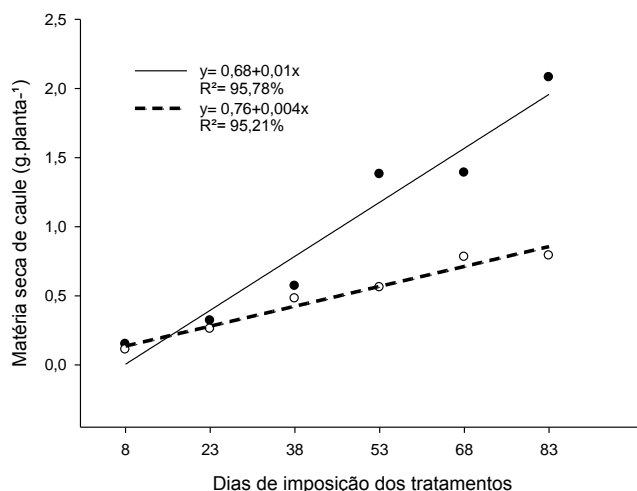


Figura 9. Massa da matéria seca de caule de plantas de soja variedade NS 7114 RR cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (•) e 30% da capacidade de campo (◊), em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

Silva et al. (2008), trabalhando com plantas de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos observaram que tratamentos em que a umidade do solo foi ajustada para 75% da capacidade de campo apresentaram maior massa da matéria de caule, quando comparada a plantas mantidas a 25% da capacidade de campo.

De acordo com Larcher (2006), o estresse hídrico causado pela seca se desenvolve de maneira gradual e há uma sequência de eventos que ocorrem. A primeira e a mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição do processo de crescimento, em consequência da diminuição da turgescência. Desse modo, justificam-se as reduções na massa da matéria seca de caules em plantas mantidas a menores tensões hídricas.

4.5 Volume de raiz e massa da matéria seca de raiz

4.5.1 M 7110 IPRO

O volume de raiz e a matéria seca de raiz apresentaram diferenças significativas para dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas de maneira isolada, não sendo observada diferença para a interação (Tabela 3).

O modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados de volume de raiz e aos de massa de matéria seca de raiz, demonstrando que houve maior investimento em raízes em relação aos dias de imposição dos tratamentos (Figura 10A e 10B). Os acréscimos por período avaliado foram de $0,012\text{cm}^3$ no volume de raiz e $0,0127\text{g planta}^{-1}$ para massa da matéria seca da raiz.

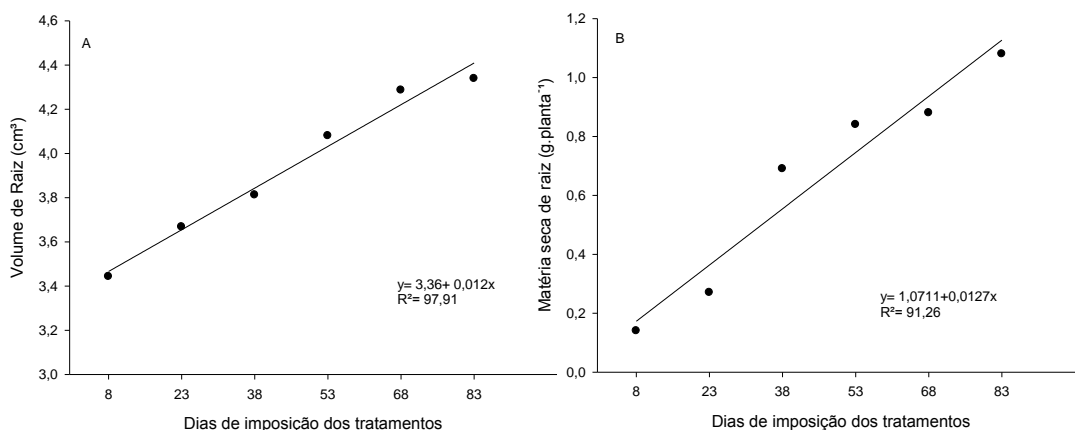


Figura 10. Volume de raiz (A) e matéria seca de raiz (B) de plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

A parte aérea é fonte dos compostos orgânicos e as raízes são responsáveis pela absorção de nutrientes, água e produção de fitormônios, todos indispensáveis para o crescimento e desenvolvimento da planta (KRAMER & BOYER, 1995). Portanto, o crescimento adequado das plantas depende de um equilíbrio no crescimento entre raízes e parte aérea, de forma que não haja limitações na contribuição de substâncias essenciais (RENA & GUIMARÃES, 2000).

Sendo assim, o aumento do volume e massa da matéria seca de raiz sugere que produção de fotoassimilados pela parte aérea dessas plantas foi suficiente para promover o crescimento das raízes.

Alves e Livramento (2003), estudando a morfologia e fisiologia do cafeeiro, afirmaram que parte da fonte de energia proveniente das folhas é utilizada não só para a formação de novas raízes como também na manutenção do sistema radicular já existente.

Em relação às tensões hídricas impostas, plantas mantidas a 30% da capacidade de campo apresentaram menor volume de raiz que plantas mantidas a 80% da capacidade de campo (Tabela 7). O déficit hídrico pode afetar o crescimento da parte aérea devido à inibição da expansão das folhas e aceleração da senescência e, assim, influenciando também no crescimento de raízes (SCALON et al., 2011).

Tabela 10. Volume de raiz e massa da matéria seca de raiz, em plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos tratamentos, Rio Verde - GO, 2016

Tensões hídricas	Dias de imposição dos tratamentos						Média
	8	23	38	53	68	83	
Volume de raiz (cm ³)							
30% CC	6	7	8	12,8	13	11	9,63 B
80% CC	21	19	22	23,0	24	25	22,33 A
Média	13,5	13	15	17,9	18,5	18	
Tensões hídricas	Dias de imposição dos tratamentos						Média
	8	23	38	53	68	83	
Massa da matéria seca de raiz (g planta ⁻¹)							
30% CC	0,51	0,75	1,15	2,21	2,02	2,00	1,44 B
80% CC	0,92	1,39	3,14	2,80	3,49	3,35	2,51 A
Média	0,71	1,07	2,14	2,5	2,75	6,67	

¹Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Pimentel & Rossiello (1995), uma condição de estresse hídrico na fase vegetativa pode promover desequilíbrio entre parte aérea e raiz, e os fotoassimilados passam a ser direcionados para as raízes a fim de aprofundar o sistema radicular.

Espera-se maior volume de raiz quando o estresse não é muito intenso. A partição de fotoassimilados favorece o sistema radicular até o ponto em que o estresse passa a limitar a fonte. Uma vez comprometida a produção de fotoassimilados não tem como priorizar o crescimento de raiz.

Dessa maneira esperava-se que plantas mantidas a 30% da capacidade de campo tivesse maior volume de raiz. De acordo com Pimentel & Peres (2000), trabalhando com experimento em vaso, a imposição rápida do estresse, associada a um possível bloqueio do crescimento da raiz ao atingir o fundo do recipiente e o limitado volume do solo, poderia impedir o crescimento desta, alterando a resposta ao déficit hídrico.

Diante disso, a avaliação da profundidade, distribuição e ramificação de raízes devem ser levadas em consideração para avaliar o nível de tolerância à seca pelas plantas (KRAMER, 1995).

Assim como para volume, a matéria seca de raiz em plantas mantidas a 80% da capacidade de campo foi maior que a massa da matéria seca de raiz de plantas mantidas a 30% (Tabela 10). O aumento do crescimento das raízes para as camadas úmidas, mais profundas, depende da distribuição de fotoassimilados para os ápices radiculares.

Normalmente, os órgãos reprodutivos são drenos prioritários. Esta competição entre frutos e raízes pelos fotoassimilados permite explicar porque razão as plantas são mais sensíveis a um déficit hídrico na fase da reprodução do que na fase vegetativa (TAIZ & ZEIGER, 1998).

4.5.2 NS 7114 RR

O volume de raiz e a matéria seca de raiz apresentaram resultados significativos para a interação dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas aplicadas (Tabela 4).

As variedades apresentaram respostas diferenciadas para volume e matéria seca de raiz. Isto porque a variedade M 7110 IPRO, provavelmente, não tenha sofrido severamente os efeitos negativos do estresse, devido habilidade em manter área foliar, favorecendo o investimento em crescimento de raízes mesmo sob estresse durante os dias de imposição dos tratamentos.

Os resultados obtidos a partir das determinações realizadas nas raízes, demonstram que em ambas as tensões hídricas houve aumento no sistema radicular com o passar dos dias de imposição dos tratamentos. No entanto, em plantas mantidas a 30% da capacidade de campo, os incrementos no volume de raiz foram menores (Figura 12A).

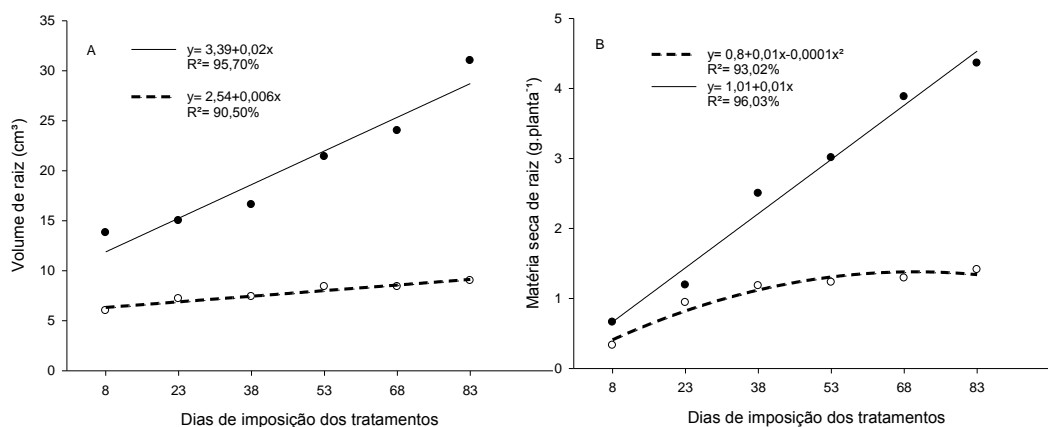


Figura 11. Volume de raiz e massa da matéria seca de raiz de plantas de soja variedade NS 7114 RR cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (●) e 30% da capacidade de campo (◊), em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

A literatura reporta que plantas submetidas à déficit hídrico tendem a investir mais no alongamento da raiz do que na parte aérea, quando na fase vegetativa. Assim, o sistema radicular poderá explorar um maior volume de solo e, conseqüentemente, absorver água das zonas mais profundas, local com maior disponibilidade (BARROS & BARBOSA, 1995; BARBOSA et al., 2000; SILVA & NOGUEIRA, 2003). Diante disso, esperava-se maior alocação de fotoassimilados para raízes de plantas mantidas a 30% da capacidade de campo do que para plantas mantidas a 80%. No entanto, este comportamento não foi observado.

Tatagiba et al. (2015), trabalhando com eucalipto em condições de déficit hídrico em casa de vegetação, também observaram reduções no volume de raiz quando as plantas foram mantidas sob menores quantidades de água no solo, e atribuíram isto à redução do crescimento de raízes secundárias.

Os resultados obtidos, quando as plantas foram mantidas a 80% da capacidade de campo apresentaram comportamento linear, com acúmulo de massa da matéria seca com o decorrer dos dias de imposição dos tratamentos (Figura 12B). As plantas mantidas a 30% da capacidade de campo apresentaram redução de massa da matéria seca da raiz após os 50 dias.

Da mesma forma que para a variável volume de raiz, a literatura menciona que para superar o estresse por déficit de água, as plantas têm a produção de matéria seca radicular aumentada. De acordo com Taiz e Zeiger (2009), o aumento da massa da matéria seca de raiz em condições de estresse hídrico ocorre devido, provavelmente, à estocagem de assimilados na parte subterrânea em resposta à redução da expansão foliar e, conseqüentemente, diminuição de consumo de carbono e energia.

No entanto, o desenvolvimento e crescimento do sistema radicular e da parte aérea são interdependentes, ou seja, a limitação de um, resulta em restrição ao outro. Tanto que uma desfolha na parte aérea é seguida por uma considerável morte de raízes, pois essas direcionam suas reservas para atender à demanda da parte aérea (Castro et al., 2006). Nesse sentido, a redução da expansão foliar e antecipação da senescência em plantas mantidas a 30% da capacidade de campo afetou a produção de fotoassimilados que seriam translocados para a raiz, reduzindo a matéria seca de raiz.

4.6 Massa da matéria seca de estrutura reprodutiva

4.6.1 M 7110 IPRO

A massa de matéria seca das estruturas reprodutivas diferiu apenas em função dos dias de imposição dos tratamentos (Tabela 3). Para os resultados de massa de matéria seca de estruturas reprodutivas, foi observado comportamento linear, sendo seus máximos valores apresentados no último dia de avaliação (Figura 12).

Durante o experimento, foi observado que à medida que a diminuição da área foliar era intensificada, ocorria o aumento da massa de matéria seca de estrutura reprodutiva. Esses resultados indicam que houve translocação de grande parte dos assimilados das folhas senescentes para o órgão de reserva. De acordo com Peixoto & Peixoto (2004), ao atingir o tamanho definitivo, a planta entra em fase de senescência, e direciona a partição de assimilados para os órgãos de reserva.

A literatura reporta que, frequentemente, plantas sob condições inadequadas de fornecimento de água, apresentam menor produção de massa seca de estrutura reprodutiva quando comparadas com aquelas mantidas a elevados potenciais da água no solo (SANTOS et al., 2012). Uma vez que, com o déficit hídrico, há fechamento dos estômatos e consequente diminuição da fotossíntese, e que a redução da fotossíntese é mais rápida que a redução da taxa respiratória, há um balanço negativo de carbono e uma consequente diminuição na produção de massa seca (ENDRES et al., 2010).

Dessa maneira, esperava-se que a massa da matéria seca de estrutura reprodutiva teria que sofrer efeito das tensões hídricas. No entanto, esse comportamento não foi observado no experimento, sugerindo que as respostas apresentadas pelas plantas durante o déficit hídrico foram eficientes na manutenção do potencial produtivo, pois de acordo com Blum (2005),

uma cultivar mais tolerante à seca deve possuir um conjunto de características fisiológicas, morfológicas e fenológicas, que confirmam a tolerância.

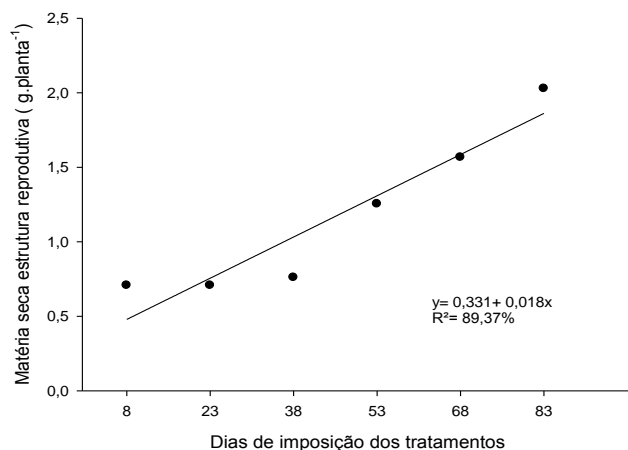


Figura 12. Matéria seca de estrutura reprodutiva em plantas de soja variedade M 7110 IPRO em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

4.6.2 NS 7114 RR

A massa da matéria seca de estruturas reprodutivas apresentou diferença significativa para a interação dias de imposição dos tratamentos e tensões hídricas aplicadas (Tabela 4).

No primeiro experimento, as plantas de soja da variedade M 7110 IPRO apresentaram diferenças apenas para dias de imposição dos tratamentos. Fioreze et al. (2011), estudando o comportamento de genótipos de soja submetidos à déficit hídrico, observaram diferenciação no comportamento, e afirmaram que a manutenção do conteúdo relativo de água e da área foliar em condições de déficit hídrico merece destaque, em função da sua relação com o acúmulo de assimilados e com a manutenção do potencial produtivo, confirmando com os resultados apresentados no primeiro experimento.

A massa da matéria seca de estruturas reprodutivas teve comportamento linear para as tensões hídricas impostas durante o experimento (Figura 14). No entanto, foi possível observar que plantas mantidas a 30% da capacidade de campo tiveram menor acúmulo de matéria seca de estruturas reprodutivas.

Para Pimentel et al. (2000) e Gomes et al. (2000), o rendimento final da cultura pode estar diretamente relacionado com a manutenção da área foliar durante o período de escassez de água.

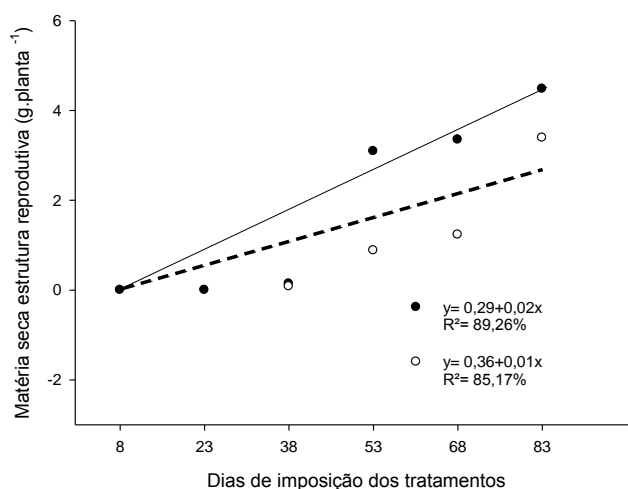


Figura 13. Massa da matéria seca de estruturas reprodutivas de plantas de soja variedade NS 7114 RR cultivadas em solo com 80% da capacidade de campo (●) e 30% da capacidade de campo (○) em função dos dias de imposição dos tratamentos. Rio Verde, 2016.

Durante a condução do experimento, foi observado que plantas mantidas a 30% da capacidade de campo apresentaram reduções da expansão foliar e antecipação da senescência, quando comparadas com plantas mantidas a 80% da capacidade de campo. Isso, possivelmente, afetou a assimilação de carbono, reduzindo a massa da matéria seca de estruturas reprodutivas quando as plantas estavam mantidas a 30% da capacidade de campo.

Segundo Maehler et al. (2003), a deficiência hídrica, além de limitar a partição de fotoassimilados em diversos pontos, pode interferir no encurtamento do ciclo da soja, sobretudo no período reprodutivo, e reduzir o período de alocação de reservas para as estruturas reprodutivas.

Portanto, a habilidade da planta em manter a área foliar, durante a diminuição da água disponível no solo, desempenha importante papel na manutenção do potencial produtivo do genótipo, após o re-estabelecimento do suprimento de água (LUDLOW & MUCHOW, 1990).

5. CONCLUSÕES

A diferenciação de comportamento de variedades de soja é possível quando as plantas são submetidas aos dias de imposição e a diferentes tensões hídricas.

A manutenção do conteúdo relativo de água, tolerância protoplasmática, área foliar e massa da matéria seca das estruturas reprodutivas mostram-se bons indicadores para avaliação do potencial produtivo, em variedades de soja submetidas ao déficit hídrico.

A variedade M 7110 IPRO é mais eficiente na manutenção do potencial produtivo do que a variedade NS 7114, devido à maior capacidade de manutenção do status hídrico, tolerância protoplasmática e área foliar mesmo em condições de déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

ALVES, J.D.; LIVRAMENTO, D.E. **Morfologia e fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE (Textos acadêmicos), 2003. 46p.

ASADA, K. Production and action of active of active oxygen speceis in photosyntetic tissues. In: FOYER, C.H.; MULLINEAUX, P. (eds). Cause of Photo-oxidative stress and amelioration of defense systems in plants. **CRC Press. Boca Raton**, Florida, p. 77- 104, 1994.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, p.3-16, 2004.

ATKIN, O. K.; MACHEREL, D., The crucial role of plant mitochondria in orchestrating drought tolerance. **Annals of Botany**, Oxford, v. 103, n. 4, p. 581-597. 2009.

BABALOLA, O. Water relations of three cowpea cultivars [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. **Plant and Soil**, v. 56, n. 1, p. 59-69, 1980.

BAJJI, M.; KINET, J.M.; LUTTS S. The use of electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as water stress tolerance test in durum wheat. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.36, p.61-70, 2002.

BALL, R.A.; OOSTERHUIS, D.M.; MAUROMOUSTAKOS, A. Growth dynamics of the cotton plant during water-deficit stress. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, p. 788-795, 1994.

BARROS, L. M.; BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd em casa de vegetação. **Phyton**, v.57, n.2, p.179-191, 1995.

BARBOSA, D. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; MELO FILHO, P. A. Comparative studies of growth in three species of “caatinga” submitted to water stress. **Phyton**, v.69, n.1, p.45-50. 2000.

BARRS, H.D. & WEATHERLEY, P.E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. **Australian Journal of Biological Science**, v.15, p.413-428, 1962.

BARTELS, D.; SUNKAR, R. Drought and salt tolerance in plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 24, p. 23-58, 2005.

BATTAGLIA, M.; SOLORZANO, R.M.; HERNANDEZ, M.; CUELLAR-ORTIZ, S.; GARCIA-GOMEZ, M.; MARQUEZ, J.; COVARRUBIAS, A.A. Proline-rich cell wall proteins accumulate in growing regions and phloem tissue in response to water deficit in common bean seed-lings. **Planta**, Berlin, v. 225 p. 1121-1133, 2007.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BERGAMACHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMACHI, H. (coord). **Agrometeorologia aplicada a irrigação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGC, 1999. p. 25-32. Cap. 2.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa – MG: UFV, Imprensa Universitária, 1996. 596 p.

_____.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV. 2006. 625p.

BEZERRA, F.M.L.; ARARIPE, M.A.E.; TEFILO, E.M.; CORDEIRO, L.G.; SANTOS, J.J.A. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 13-18, jan, 2003.

BLUM, A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? **Australian Journal of Agricultural Research**, v.56, n.11, p.1159-1168, 2005.

BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. **Plant Physiology**, Rockville, v.46, n.2, p.233-235, 1970.

BRAY, E. A. Molecular Responses to water deficit. **Plant Physiology**, 103: 1034-1040. 1993.

_____. Genes commonly regulated by water-deficit stress in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 407, nov. 2004.

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

CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G. M.S. (Edit.). **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ. 2000. p.81-119.

CASTRO NETO, P.; VILELLA, E.A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.138, p.59-62, 1986.

CAMPBELL, M.K. **Biochemistry**. Fort Worth, USA: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, 1991. 622 p.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: Água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.183-188. Jan. 1995.

_____. **Influence of soil water deficits on maize growth and leaf area adjustments**. East Lansing: Michigan State University, 1993.

CASAGRANDE, E .C.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; OYA, T.; PEDROSO, J.; MARTINS, P. K.; BRETON, M. C.; NEPOMUCENO, A. L. Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 168-184, 2001.

CHAVES, J. H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. 2001. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, 42: 1-16. 1991.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, safra 2014/2015**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_09_08_59_32_boletim_graos_julho_2015.pdf>. Acesso em: 03/02/2016.

CONFALONE, A. et al. Influência do “Déficit” Hídrico Sobre a Eficiência da Radiação Solar em Soja. **Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas**, v.5, n.3, p. 195-198, set./dez.1999.

CONFORTO, E.C. Respostas fisiológicas ao déficit hídrico em duas cultivares enxertadas de seringueira (“RRIM 600” e “GT 1”) crescidas no campo. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.679-684, 2008.

CORDEIRO, A. Sustainable Agriculture in Global Age: Lessons from Brazilian Agriculture. Swedish Society for Nature Conservation. **BGAB**, Estocolmo, Suécia. 2000. Disponível em: <<http://www.snf.se/pdf/rap-jordbruk-soja-eng.pdf>>. Acesso em: 07/04/2016.

CUNHA, G.R., BARNI, N.A., HAAS, J.C., MALUF, J.R.T., MATZENAUER, R., PASINATO, A., PIMENTEL, M.B.M., PIRES, J.L.F. Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.446-459, 2001.

CAMPANHA NACIONAL DE ESCOLAS DA COMUNIDADE. Fatores que influenciaram a ascensão da soja no Brasil. Dezembro, 2012. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfqV8AH/fatores-que-influenciaram-a-ascensao-soja-no-brasil>. Acesso em: 23/04/2016.

DALL’GNOL, A.; The impact of soybeans on the brazilian economy. In: **Technical information for agriculture**. São Paulo: Máquinas Agrícolas Jacto, 2000.

DAMATTA, F. M. Explorando a tolerância à seca em café: uma abordagem fisiológica com algumas contribuições para o melhoramento vegetal. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, n.1, 2004.

_____.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.18, p.55-81, 2006.

DEXTER, S.T., W. E. TOTTINHAM & L.F. GRABER. Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity. **Plant Physiology**, 7: 63-78. 1932

DIAS, L.B. **Água nas plantas**. p.50. 2008. Disponível em: <http://www.ceapdesign.com.br/pdf/monografias/monografia_agua_nas_plantas_lucia.pdf>. Acesso em: 12/03/2016.

EGLI, D. B.; CORNELIUS, P. L. A regional analysis of the response of soybean yield to planting date. **Agronomy Journal**, Madison, v.101, n.2, p.330-335, March-April, 2009.

EMBRAPA. **Tecnologia de Produção de Soja- Região Central do Brasil 2004**. Londrina: Embrapa Soja (Embrapa Soja, Sistema de Produções, N.1). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/exigencias.htm>>. Acesso em: 22/05/2016.

_____. **Tecnologia de Produção de Soja- Região Central do Brasil 2008**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 208 p. (Embrapa Soja, Sistema de Produções, 12).

_____. **Tecnologias de Produção de Soja: Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 262p.

_____. **Cerrado correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 2004. 416 p. Editores Técnicos: Djalma Martinhão Gomes de Sousa, Edson Lobato.

_____. **Ecofisiologia da soja**. Londrina - PR. 2007. p.1-9. Circular Técnica 48.

ENDRES, L.; SOUZA, J. L. de; TEODORO, I.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M dos; BRITOS, J. E. D. de. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.11-16, 2010.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. 1. ed. Brasília: INMET, 2009. p.263-277

_____. et al. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: EMBRAPA CNPSO, 2007. 9p. (Circular Técnica, nº 48).

FAROOQ, S.; AZAN, F.E. Co-existence of salt and drought tolerance in Triticeae. **Hereditas. Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 135 (2-3): 205-210, 2001.

FERRARI, E., PAZ, A., SILVA, A.C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**. Nativa, Sinop, v.03, n.01, p. 67-77, 2015.

FIGUEIROA, M. F. et al. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 1-14, 2004.

FIGLIANO, S. L. et al. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.3, p. 342-349, maio/jun. 2011.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que está por trás do que se vê. Passo Fundo: UPF, 2004. 528p

FREITAS, J.M.N., CARVALHO, K.S., LOBATO, A.K.S., CASTRO, D.S., MAIA, P.S.P., NETO, C.F.O., COSTA, R.C.L. Atividade da Redutase do Nitrato, Conteúdo relativo de Água e teores de Clorofilas Solúveis totais em Folhas de Açaizeiro (*Euterpe edulis* Mart.) Submetidas ao Déficit Hídrico e ao Alagamento. Nota científica, **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, s. 2, p. 924-926, 2007.

FUMIS, T.F.; PEDRAS, J.F. Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.449-453, 2002.

GHOULAM, C.; FOURSRY, A. & FARES, K. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. **Environmental and Experimental Botany**,47: 39-50, 2002.

GOMES A.A., ARAÚJO A.P., ROSSIELLO R.O.P. & PIMENTEL C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em genótipos de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35:1927-1937. 2000.

GONÇALVES, J. G. R. **Identificação de linhagens de feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes à seca. 2013. 82f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2013.

GREGGIO E BONINI, Qualidade do grão de soja relacionada com o teor de acidez do óleo. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.7, n.3, p. 645-658, set./dez. 2014 - ISSN 1981-9951.

GUIMARÃES, J. **Produção Vegetal**. Comunicado Técnico em Agricultura, 2012. Disponível em: <<http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/18-59-02-apostilaproducaovegetal.pdf>>. Acesso em: 14/04/2016.

GUIMARÃES, V. **Efeito do estresse induzido por polietileno glycol (PEG 6000) em feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.). Botucatu, 105 p. Tese (Doutorado em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, 2001.

GUPTA SC, RATHORE AK, SHARMA SN & SaIni RS (2000) Responses of chickpea cultivars to water stress. **Indian Journal Plant Physiology**, 5:274-276, 2000.

HALLIWELL, B.; CHIRICO, S. Lipid peroxidation: its mechanism measurement, and significance. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 2, p. 105-113, 2007.

HIN, C.J.A. **Perspectivas de mercado para soja sustentável na Holanda. CLM Onderzoek en Advies BV** (Centro de Pesquisa para a Agricultura e Meio Ambiente) Utrecht, Holanda. 2002.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. 3. ed. Londrina: Embrapa SOJA (Documentos, Embrapa Soja, n. 319), 2011.

HOOGENBOOM, G.; HUCK, M.G.; PETERSON, C.M. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. **Agonomy Journal**, Madison, 79: 697-614. 1987.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009.

JAMES A.T., Lawn RJ & Cooper M Genotypic variation for drought stress response traits in soybean. I. Variation in soybean and wild *Glycine* spp. for epidermal conductance, osmotic potential and relative water content. **Australian Journal of Agricultural Research**, (2008).

JORDAN, W. R. Whole plant response to water deficits: An overview. In TAYLOR, H. M. et al. **Limitations to efficient water use in crop production**. Madison: ASA, CSSA, and SSA. p.289-317. 1983.

KRAMER, P. J. & BOYER, J. S. Water relations of plants and soils. **Academic Press**, New York. 1995.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima. 2000. p.531

_____. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Rima, 2006.

LAWLOR, D.W.; DAY, W.; JOHNSTON, A.E. Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content. **Journal of Agriculture Science**, v.96, p.167-186, 1981.

LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; VIRGENS FILHO, J. S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], cv. EMAPA-821. II - Análise de Crescimento. **Rev. Agric.**, Piracicaba, v. 74, n. 3, p. 351-370, 1999.

_____. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi, cv. EMAPA-821. III - Produção. **Rev. Agric.**, Piracicaba, v. 75, n. 1, p. 9-20, 2000.

LINZMEYER JUNIOR, R. **Influência de retardante vegetal e densidade de plantas no crescimento, componentes da produção, produtividade e acamamento**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, p.51, 2006.

LOWLOR, D. W. **Photosynthesis: metabolismo, control and physiology**. Longman Publication. Harlow. 282 p. 1993.

LUDLOW, M.M. & MUCHOW, R.C. A critical evaluation of trits for improving crop yields in water-limited environments. **Advance in Agronomy**, São Diego, v.43, p.107-153, 1990.

MACHADO, E.C.; SCHMIDT, P.T., MEDINA, C.L.; RIBEIRO, R.V. Respostas da fotossíntese a fatores ambientais em três espécies de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p.1161-1170, 2005.

MACHADO, F.R. **Características morfofisiológicas do feijoeiro em resposta ao déficit hídrico**. Marechal Cândido Rondon, 57 p. Monografia (Graduação em Agronomia)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2007.

MAEHLER, A.R. et al. Potencial de rendimento da soja durante a ontogenia em razão da irrigação e arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.2, p.225-231, 2003.

MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. Cold, salinity and drought stresses:na overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 444, n. 2, p. 139-158, 2005.

MARENCO, R. A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: UFV. 2005. p.451

MARTINS, M.O.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; AZEVEDO NETO, A.D; SANTOS, M.G. Crescimento de plantas jovens de Nim-Indiano (*Azadirachta indica a. juss.* - Meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**. v.34, n.5, Viçosa, 2010.

MATSUI, T.; SINGH, B. B. Roots characteristics in cowpea related to drought tolerance at the seedling stage. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 39, n. 1, p. 29- 38, 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio Mundial e Brasil 2006/07 a 2017/2018**. Assessoria de Gestão Estratégica, Janeiro de 2008. Disponível em: <<http://arrozeirosdealegrete.com.br/arroz/docs/artigos/projecoes.pdf>>. Acesso em: 01/05/2016.

MORAIS, H.; MARUR, C.J.; CARAMORI, P.H.; RIBEIRO, A.M.A.; GOMES, J.C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.10, p.35-40, 2003.

MORANDO, R., SILVA, A.O., CARVALHO, L.C., PINHEIRO, M.P.M.A. Déficit hídrico: Efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n.especial, p.114-129, 2014.

MUNDSTOCK, C., THOMAS, A. L. **Soja**: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Evangraf, 2005. 31p.

NASCIMENTO, S.P.; BASTOS, E.A.; ARAÚJO, E.C.E.; FILHO, F.R.F.; SILVA, E.M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.853-860, 2011.

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 4, n. 23, p. 12-18, 2001.

NEZAMI, A.; KHAZAEI, H. R.; BOROUMAND REZAZADEH, Z.; HOSSEINI, A. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. **Desert, Tehran**, v. 1, p. 99-104, 2008.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; ALBUQUERQUE, M.B.; SILVA, E.C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R.J.M.C. et al. **Estresses ambientais**: danos e benefícios em plantas. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. p.22-31, 2005.

OYA, T.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; TOBITA, S.; ITO, O. Drought tolerance characteristics of Brazilian soybean cultivars- Evolution and characterization of drought tolerance of various Brazilian soybean cultivars in the field. **Plant Production Science**, Tokyo, v.7, p. 129-137, 2004.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras: UFLA, 2006. 104p.

PALTA, J. A. et al. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. **Crop Science, Madison**, v.34, n.1, p.118-124, jan./fev. 1994.

PAULA, F. M.; A. T. PHAMTHI, J.; SILVA, A.M.V. ;JUSTIN, C.DEMANDRE & P. MAZLIAK. Effects of water stress on the molecular species composition of polar lipids from *Vigna unguiculata* L. leaves. **Plant Science**, 66:185-193. 1990.

PEIXOTO, C.P.; PEIXOTO, M.F.S.P. Dinâmica do crescimento vegetal (Princípios básicos). **Universidade Federal da Bahia**. Cruz das Almas, 2004. p.1-20

PIMENTEL C, SARR B, DIOUF O, ABOUD ACS & ROY-MACAULEY H Tolerância protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivados em campo. **Revista Universidade Rural**, Série Ciências da Vida, 22:07-14. 2002.

_____, COSTA E.S., DOS SANTOS M.G. & GUIMARÃES V.F. Leaf protoplasmic tolerance to water stress in bean genotypes. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, 6:15-20. 2000.

_____. et al. Tolerância Protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivadas em campo. **Revista Universidade Rural**. Série Ciências da vida. Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 07-14, 2002.

_____.; ROSSIELO, R.O.P. Entendimento sobre relações hídricas. In: Simpósio Internacional sobre estresse ambiental: o milho em perspectiva. Belo Horizonte, MG. **Anais**. Embrapa/CNPMS. 1: 131-146. 1995.

_____.; SARR, B.; DIOUF, O.; ABOUD, A. C. S.; ROY-MACULEY, H. Tolerância Protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivadas em campo. **Revista Universidade Rural**. Série Ciências da Vida. Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 07-14, 2002.

PINTO, C. M. et al. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 03, p. 429-436, 2008.

PLAUT, Z. Photosynthesis in plant/crops under water and salt stress. In: PASSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker; 587-603 p. 1994.

POUSTINI, K.; SIOSEMARDEH, A.; RANJBAR, M. Proline accumulation as a response to salt stressing 30 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. **Genet Resources and Crop Evolution**, v.54, p.925-934, 2007.

PROCÓPIO, S. O. et al. Ponto demurcha Permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta Daninha, Viçosa**, v.22, n.1, p.35-41, jan./mar. 2004.

PROULX, R. A.; NAEVE, S. L. Pod removal, shade, and defoliation effects, on soybean yield, protein, and oil. **Agronomy Journal, Madison**, v.101, n.4, p.971-978, 2009.

RAMPINO, P.; PATALEO, S.; GERARDI, C.; MITA, G.; PERROTA, C. Dought response in wheat; physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. **Plant, Cell and Enviroment**, Oxford, v.29, p.2143-2152, 2006.

RADIN, B. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.38, n.9, p.1017-1023, 2003.

REDDY, A.R.; CHAITANYA, K. V. VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Planta Physiology**, v. 161, n.11, p. 1189-1202, 2004.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 421p.

RENA, A.B.; GUIMARÃES, P.T.G. **Sistema radicular do cafeeiro**: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 80 p. (Série Documentos, 37).

ROESSING, A. C.; SANCHES, A. C.; MICHELLON, E.; As Perspectivas de Expansão da Soja. **Anais dos Congressos. XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto**. São Paulo, 2005.

ROSSINI, D. **Estresse hídrico em diferentes fases fenológicas do cajueiro anão precoce no segundo ano de produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campna Grande. p.94, 2008.

ROY-MACAULEY H, ZUILY-FODIL Y, KIDRIC M, PHAN THI A & VIEIRA da SILVA J. Effect of drought stress on proteolytic activities in *Phaseolus* and *Vigna* leaves from sensitive and resistant plants. **Physiologia Plantarum**, 85:90-96. 1992.

SANTIAGO, A. M. P. **Aspectos do crescimento do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em função da disponibilidade de água no solo**. 2000. 63f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade federal Rural de Pernambuco, Recife, 2000.

SANTOS, D., GUIMARÃES, V.F., KLEIN, J., FIOREZE, S.L., MACEDO JÚNIOR, E.K. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.8. Campina Grande, 2012.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SANTOS, V. L. M. et al. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor das sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.2, p.189-194, maio/ago. 1992.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; EUZÊNIO, V.L.M.; KODAMA, F.M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Floresta**, Santa Maria, v.21, n.4, p.655-662, 2011.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009.

SILVA, A.C., LIMA, E.P.C., BATISTA, H.R. **A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma Análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação**. 2010.

Disponível em:

<http://www.apec.unesc.net/V_EEC/sesoes_tematicas/Economia%20rural%20e%20agricultura%20familiar/A%20IMPORTANCIA%20DA%20SOJA%20PARA%20O%20AGRONEGOCIO%20BRASILEIRO.pdf>. Acesso em: 09/04/2016.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v.50, n.288, p.203-217, 2003.

_____.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D. A.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia, série Botânica**, Porto Alegre-RS, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004.

SILVA, M. A.; JIFON, J.L.; SILVA, J.A.G.; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.3, p. 193-201, 2007.

SILVA, R.R. **Relação entre precipitação pluviométrica da cultura da soja no município de Ibirubá- RS**. 2013. 93f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SILVA, S. R. S. et al. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1363- 1368, 2002.

SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; SOUZA, A. P. Taxa fotossintética líquida de *Eucalyptus citriodora* Hook e *E. grandis* W.Hill em níveis de água no solo e associação com *Brachiaria brizantha* Staf. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1205-1209, 2001.

SILVA. M.A.V, NOGUEIRA, R.J.M.C., OLIVEIRA, A.F.M., SANTOS, V.F. Respostas estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídrico. **Revista Árvore**. v.32, n.2, Viçosa, 2008.

SOUZA, A. P. et al. Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v.1, n.1, p.34-43, out./dez. 2013.

TAIZ, L. & E. ZEIGER. **Plant Physiology** 2. ed. Massachussets: Sinauer Associates, 1998. 792p.

_____. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

_____. **Plant Physiology**. Masachusetts: Publishers Sunderland. 2006. 705p.

_____. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TATAGIBA, S.D., TOLEDO, H.V., PEZZOPANNE, J.E.M., ZANETI, S.S., CECÍLIO, R.A. Crescimento de mudas clonais de eucalipto em condições de déficit hídrico. **Re.C.E.F.**, v.25, n.1, 2015.

TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.13, n.1, p.175-190, jan. 1986.

_____. Further progress in crop water relations. In: SPARKS, D. L. (Ed.). *Advances in agronomy*. New York: **Academic Press**, p.293-337, 1997.

VASQUEZ-TELLO, A.; ZUILY-FODIL, Y.; PHAM THI, A. T.; VIEIRA DA SILVA, J. Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in *Phaseolus* and *Vigna* species. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, p. 827-32, 1990.

WATKINSON, J.I.; HENDRICKS, L.; SOISON, A.A.; VASQUEZ-ROBINET, C.; STROMBERG, V.; HEAT, L.S.; SCHULER, M.; BOHNERT, H.J.; BONERBALE, M. Accessions of *Solanum tuberosum* ssp. *Andigena* show differences in photosynthetic recovery after drought stress as reflected in gene expression profiles. **Plant Science**, 171: 745-758, 2006.

WWF. 2003. **Soy Expansion** – Losing Forests to Fields. Disponível em: <<http://assets.panda.org/downloads/wwfsoyexpansion.pdf>>. Acesso em: 15/02/2016.

ZHU, X.; GONG, H.; CHEN, G. WANG, S. ZHANG, C. Different solute levels in two spring wheat cultivars induced by progressive field water stress at different developmental stages. **Journal of Arid Environments**, London, v. 62, p. 1-14, 2005.

ZOZ, T. **Utilização da atividade da enzima peroxidase como indicativo de tolerância à seca de genótipos de soja submetidos ao déficit hídrico**. Marechal Cândido Rondon, 67p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2009.