



DÉFICIT HÍDRICO NO METABOLISMO DA SOJA EM SEMEADURAS ANTECIPADAS NO MATO GROSSO

Elisangela FERRARI, Adriano da PAZ, Andréa Carvalho da SILVA

Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil

*E-mail: elisangela.ferrari@hotmail.com

Recebido em agosto/2014; Aceito em fevereiro/2015.

RESUMO: A cultura da soja está sujeita a adversidades climáticas durante seu ciclo, sendo isto variável de acordo com a data de semeadura da mesma. No estado de Mato Grosso a semeadura antecipada da soja já é realizada por produtores rurais, estes optam por isso, visando, principalmente, o escape das infecções mais intensas da ferrugem asiática, o melhor escalonamento do plantio e da colheita, maximizando o uso do maquinário, também devido aos melhores preços do grão praticados no início da colheita de soja, beneficiando assim a implantação da safrinha (2ª safra). A antecipação da semeadura submete as plantas de soja à déficits hídricos no início do ciclo, levando a ocorrência de plantas com pequena estatura, entrenós curtos e conseqüentemente a perda de produtividade. Mas, existem tecnologias disponíveis ao produtor que amenizam o estresse causado pela escassez de água, garantindo o potencial produtivo, cita-se a utilização de cultivares mais tolerantes ao déficit hídrico, o correto manejo do solo e adubação, a adequada inoculação, o tratamento das sementes, dentre outras.

Palavra-chave: estresse hídrico, *Glycine Max L.*, Mato Grosso.

WATER DEFICIT ON THE SOYBEAN METABOLISM IN EARLY SOWINGS

ABSTRACT: The soybean crop is subject to climatic adversities during their cycle, this being variable according to its sowing date. In the Mato Grosso state early soybean planting is already held by some producers, they opt for this, aiming mainly to escape the most intense infections of soybean rust, the best scheduling of planting and harvesting, maximizing the use of machinery also due to better grain prices prevailing in the first soybeans harvest, and also benefits the off-season implementation (2nd season). The early sowing soybean plants subjected to water deficits at the beginning of their cycle, leading to the occurrence of small stature plants with short internodes and may lead to productivity loss. But there are technologies available to producers to alleviate stress, ensuring the productive potential and may cite the use of tolerant cultivars to water deficit, proper soil management and fertilization, proper inoculation, seed treatment, among others.

Keywords: stress, *Glycine max L.*, Mato Grosso.

1. INTRODUÇÃO

A antecipação da semeadura da soja é uma prática agrícola cada vez mais comum na região médio-norte e norte de Mato Grosso. Dentre outros aspectos, esta técnica visa principalmente o escape das infecções mais intensas da ferrugem asiática, evitando o menor potencial produtivo das lavouras tardias. Além disso, a antecipação da semeadura se presta para melhor escalonamento do plantio e da colheita, maximizando o uso do maquinário. Pode proporcionar ainda uma maior remuneração para os sojicultores devido aos melhores preços do grão praticados no início da colheita de soja, e também beneficia a implantação da safrinha (2ª safra), a qual fica sujeita a um menor risco de estiagem, portanto mais produtiva. Entretanto, a irregularidade das precipitações pluviométricas no início do período chuvoso pode incorrer em falta de umidade na fase inicial do desenvolvimento das lavouras, o que causa estresse nas

plantas por conta do déficit hídrico, que nesta época é agravado pela intensa radiação solar e altas temperaturas (SOUZA et al., 2013).

O estresse causado por deficiência de água determina a ocorrência de plantas de soja pouco desenvolvidas, com pequena estatura, área foliar reduzida e entrenós curtos. Os tecidos vegetais apresentam aspecto de murcha e os folíolos tendem a se fechar para diminuir a exposição da área foliar. As secas severas, na fase vegetativa, reduzem o crescimento da planta, diminuindo a área foliar e o rendimento dos grãos, podendo em muitos casos causar a morte da planta (FARIAS et al., 2007). Lavouras submetidas a déficit hídrico apresentam redução na germinação e vigor das sementes e das plântulas recém-emergidas. Em plantas sob déficit hídrico severo ocorrem o fechamento estomático e a diminuição da assimilação líquida de CO₂, prejudicando o processo fotossintético, sendo que déficits hídricos considerados moderados, não

prejudicam as reações fotossintéticas no cloroplasto (FARIAS et al., 2007; PEREIRA, 2012).

O estresse hídrico provoca alterações como a redução do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático, a diminuição da taxa fotossintética, a redução da sua parte aérea, a aceleração da senescência, abscisão das folhas, dentre outras. Na fisiologia da soja, ocorrem alterações tanto ao nível do metabolismo, quanto morfológico, de modo a promover um ajuste da planta ao ambiente adverso. O estabelecimento de um stand adequado destas lavouras depende da adoção de medidas que garantam este melhor ajuste, viabilizando a continuidade do desenvolvimento da planta de soja e resguardando seu potencial produtivo. Deste modo, a presente revisão tem como objetivo investigar trabalhos, relatos e dados sobre as implicações da falta de água em plantas de soja na fase inicial de seu desenvolvimento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importância econômica e exigências ecofisiológicas

Durante os últimos anos o agronegócio tem ocupado um papel cada vez mais importante no PIB nacional, com destaque para a cultura da soja, a qual na última safra obteve uma produção de aproximadamente 85 milhões de toneladas, sendo o Mato Grosso o maior produtor nacional. A produção agrícola está sempre sujeita a ação de adversidades climáticas, como temperatura elevadas ou baixas, 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). São comuns perdas anuais em produtividade devido à escassez de água durante o ciclo da cultura, principalmente na região Sul do Brasil, já na região Centro Oeste ocorre o excesso de chuvas durante a colheita (SILVA, 2013).

A soja (*Glycine Max* L.) pertence à classe Magnoliopsida (dicotiledôneas), ordem Fabales, família Fabaceae (leguminosa), subfamília Faboideae, e gênero *Glycine* e tem como centro de origem a China. É uma planta do metabolismo fotossintético tipo C3. Sua morfologia é caracterizada por raiz pivotante, caule herbáceo e folha trifoliolada. Possui ciclo anual, apresentando grande capacidade adaptativa a diversos ecossistemas, o que propiciou a disseminação do seu cultivo nos diferentes ambientes agricultáveis do mundo. A faixa de temperatura ótima do solo para germinação de sementes de soja está entre 20 a 30 °C sendo 25 °C considerada como ideal para rápida e uniforme emergência das plântulas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2000; SILVA, 2013).

Para o crescimento e desenvolvimento a cultura tem como exigência a faixa de temperaturas ótimas entre 20°C e 30°C, sendo considerada como ideal a temperatura de 30° C. O crescimento vegetativo da soja é baixo ou nulo em temperaturas abaixo de 10°C, e acima de 40°C ocorrem efeitos adversos no metabolismo reduzindo o crescimento da planta, sendo agravado em condições de déficit hídrico (FONTANA et al., 2001; FARIAS et al., 2007). Na região norte do estado de Mato Grosso a soja encontra amplitude térmica ideal para seu desenvolvimento conforme dados climatológicos da região, apresentando temperaturas médias mensais variando entre 24 e 27 °C (SANTOS et al., 2013).

Segundo Fontana et al. (2001), a soja tem o florescimento induzido apenas em temperaturas acima de 13 °C, e em condições de altas temperaturas a soja adianta o florescimento ocasionando a diminuição da altura da planta. A soja é uma espécie de planta sensível ao fotoperíodo, existindo variação da sensibilidade entre as cultivares. As cultivares sensíveis ao fotoperíodo são chamadas de plantas de dias curtos, por terem seu florescimento induzido quando o fotoperíodo decresce igual ou inferior ao mínimo exigido pela cultivar. Através dos programas de melhoramento genético obtiveram-se plantas de soja com genes capazes de prolongar o período juvenil, adaptadas às regiões tropicais (FARIAS et al., 2007; EMBRAPA, 2011).

Cerca de 90% do peso da planta de soja é constituído por água ao qual atua em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos da planta sendo responsável por diversas reações, cuja exigência se intensifica principalmente em dois períodos: germinação-emergência e na floração-enchimento de grãos. Durante a germinação tanto o excesso quanto a falta de água são prejudiciais, pois, para uma boa germinação a semente necessita absorver 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).

A tolerância a déficits hídricos é variável dependendo da cultivar utilizada, sendo que, quanto mais baixo o vigor da semente maior será a intolerância ao déficit hídrico (SANTOS et al., 1992). Nóbrega et al. (1998), testando algumas cultivares de soja (OC-3, OC-4, OC-11, BR-16, BR-36, BR-37 e BR-38) submetidas a diferentes níveis de envelhecimento acelerado, temperaturas, e níveis de umidade do solo (-0,033; -0,3 e -0,6 MPa), observaram que os níveis de umidade do solo não afetaram significativamente a porcentagem de germinação das cultivares BR-37, BR-16 e OC-11, o que não ocorreu com as demais.

A soja necessita de cerca de 450 a 800 mm de água durante seu ciclo para obter seu rendimento máximo de produção (EMBRAPA, 2011). A necessidade de água aumenta durante o desenvolvimento da cultura, atingindo o máximo no período de floração/enchimento de grãos. Neste período a planta necessita de 7 a 8 mm dia⁻¹, decrescendo logo após essa etapa do ciclo (FARIAS et al., 2007). Berlato; Bergamashi (1979) obtiveram um consumo médio diário de 5,8 mm para cultivar Bragg, que variou de 2,2 mm no subperíodo plantio-emergência, até o valor máximo de 7,4 mm no subperíodo que compreende do florescimento ao máximo surgimento de vagens. Nos meses de setembro e outubro (início da sementeira) a pluviosidade média registrada na região norte de Mato Grosso, é de 60,21 mm e 182,23 mm respectivamente, conforme dados da estação Gleba Celeste (SOUZA et al., 2013). Sendo portanto adequadas para o estabelecimento da lavoura de soja, desde que sejam breves os episódios de escassez hídrica.

2.2. Relações hídricas da planta de soja

De modo geral, a água que flui pelo vegetal provém do solo. A demanda evaporativa da atmosfera provoca uma perda da água pela planta ocasionando uma necessidade contínua de reposição da água perdida que se

estende desde as folhas até as raízes passando pelo xilema. O fluxo de água do solo através da planta para a atmosfera é determinado pelo gradiente de potencial hídrico do solo, da raiz da planta, dos vasos da planta, das folhas da planta e da atmosfera (SANTOS et al., 2012).

A escassez de água impede o “continuum” de água do sistema solo – planta – atmosfera, que passa através da parede celular e do interior das células da planta, suprindo a água necessária para o turgor celular. Para manter a água no seu interior, a célula cria um potencial hídrico, e esse potencial hídrico somado às características de elasticidade da parede celular conferem a turgescência celular. A turgescência é o estado hídrico da planta determinante para a abertura estomática e o crescimento celular (MELO et al., 2007). A folha de soja turgida apresenta potencial hídrico em torno de -2,0 MPa. Solos argilosos, os quais possuem textura mais fina, possuem maior capacidade de retenção de água quando comparados a solos arenosos com textura mais grossa (FARIAS et al., 2007). Assim, o correto manejo do solo, com o aumento da quantidade de matéria orgânica, irá aumentar a capacidade de absorção e retenção da água, favorecendo também o maior aprofundamento do sistema radicular das plantas.

Peske (1983) observou que para plantas de soja os teores de água adequado para germinação em solo argiloso estariam na faixa de -0,07 a -0,19 MPa, e em solos arenosos seria de -0,03 a -0,14 MPa. A perda de água da planta por evaporação, principalmente das folhas, via estômatos abertos, para a atmosfera é a transpiração, que é a força motriz que gera as tensões para a translocação da água na planta, e o movimento passivo da água do solo para a planta (absorção). Quando ocorre a diminuição da disponibilidade de água do solo, diminui-se a passagem de água para a atmosfera por meio da planta provocando um novo ajuste metabólico. Os impedimentos que a planta desenvolve que opõem resistências ao fluxo da água, e conseqüentemente a sua perda, são adaptações para superar o déficit hídrico.

A quantidade de água evaporada da planta através das folhas é controlada pelas condições meteorológicas e pela cultura, portanto a produtividade da cultura esta diretamente relacionada à sua capacidade de extração de água do solo, principalmente quando esta se encontrar em condições de déficit hídrico (CARLESSO, 1995; PROCÓPIO et al., 2004). Também verificado por Farias (2005) o qual afirma que a transpiração é regulada pela demanda evaporativa da atmosfera, e quando a quantidade de água no solo causar restrição na transpiração, tem-se o início de um déficit hídrico.

As perdas de água por transpiração da planta e a evaporação do solo de uma lavoura constituem a sua evapotranspiração. De acordo com Saldanha (2009), na fase inicial do desenvolvimento das plantas, as perdas de água através da transpiração é insignificante, devido à sua pequena área foliar, assim, nesta fase, a perda de água ocorre principalmente através da evaporação, sendo esta influenciada pelo tipo de solo, cobertura vegetal e condições climáticas como temperatura, umidade relativa e radiação solar. Segundo Carlesso (1995), os melhores indicadores de um déficit hídrico são a água total disponível para as plantas e a fração da água disponível, a qual é a razão entre a quantidade atual e a quantidade

potencial de água no solo. Entretanto, visualmente, quando a planta de soja sofre falta d'água, ocorrem alterações morfofisiológicas, sendo o enrolamento e a murcha das folhas um indicador de severa escassez de água (EMBRAPA, 2011, GONÇALVES, 2013).

2.3. Alterações morfofisiológicas devido déficit hídrico

A água é considerada como o principal fator ambiental da regulação do crescimento e desenvolvimento de uma planta, assim, a habilidade para resistir à falta de água é de fundamental importância para a continuidade do seu ciclo de vida (HONG-BO et al., 2008). O déficit hídrico impõe um dilema entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos, e em resposta, a planta desenvolve mecanismos morfológicos e bioquímicos para otimizar o uso da água e reduzir a sua perda, a fim de garantir sua sobrevivência e a perpetuação da sua espécie (FARIAS et al., 2007). Segundo Carlesso (1995) a eficiência das plantas no uso da água e sua habilidade em obtê-la do solo, determina o suprimento de água de que esta necessita.

Chuvvas isoladas, no início do período chuvoso não necessariamente caracterizam um déficit hídrico, pois a planta possuiu a capacidade de ajustar a absorção de água e a transpiração, e quando o ajuste chega ao ponto máximo do seu limite, este momento é considerado como um déficit hídrico, ou seja, quando a transpiração da planta é afetada pela disponibilidade de água do solo (FARIAS et al., 2007). Levitt (1980) observou que, durante o déficit hídrico, os ajustamentos fisiológicos da planta determinam as respostas adaptativas de ordem anatômica e morfológica, porém essas respostas variam de acordo com a espécie, a cultivar, o estado de desenvolvimento das plantas, como também a duração e a intensidade do déficit hídrico. Assim, plantas desenvolvem a capacidade de resistir a longos períodos de déficit hídrico, utilizando mecanismos para redução da perda de água.

As plantas podem ser classificadas em três categorias, conforme os mecanismos desenvolvidos para a resistência ao período seco: plantas que escapam da seca, pois possuem um rápido desenvolvimento fenológico; aquelas que toleram o período seco devido a elevação do potencial hídrico, ou seja, que adiam a desidratação, e as que toleram a seca sem alteração no potencial hídrico, portanto toleram a desidratação (TURNER, 1986; 1997).

Em decorrência do déficit hídrico, vários eventos fisiológicos são desencadeados na planta, como a redução do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático que diminui a condutância estomática, provocando a redução da concentração interna de CO₂, e, conseqüentemente, diminuindo a taxa fotossintética (HONG-BO, 2008).

Plantas submetidas à falta de água podem alterar a interceptação da radiação solar, através de modificações na exposição (movimento foliar) e duração da área foliar. E quando submetida a déficit hídrico severo, a planta reduz a eficiência de utilização da radiação solar em prejuízo da fotossíntese (CONFALONE; NAVARRO DUJMOVICH, 1999; GONÇALVES, 2013).

Segundo Carneiro (2011), a água além de ser necessária ao crescimento das células, é um elemento essencial para a manutenção da turgescência. O estresse

hídrico desencadeia uma grande variedade de respostas nas plantas, alterando a expressão genética e o metabolismo celular. A redução do potencial hídrico das folhas ocasionado pela falta de água provoca fechamento estomático e consequente, diminuição das trocas gasosas, inibindo vários processos bioquímicos e fisiológicos, como a fotossíntese, respiração, absorção de íons, metabolismo dos nutrientes, entre outros. Sob as condições de estresse hídrico, em razão do controle da abertura dos estômatos, ocorre diminuição da condutância estomática, que é fundamental na manutenção da turgescência (GONÇALVES, 2013).

Sob deficiência hídrica, a primeira alteração que ocorre nas plantas é a diminuição de turgescência, levando imediatamente a diminuição do crescimento. Assim, a redução na sua parte área pode ser considerada como a primeira reação das plantas submetidas à falta d'água (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009). Santos; Carlesso (1988) apresentam resultados demonstrando que uma pequena redução no potencial de água no solo determina a paralisação do processo de divisão celular, porém não na expansão celular. A turgescência é uma reação à tensão da parede celular, então, a extensibilidade desta determinaria o potencial de turgescência e o potencial hídrico celular, concluindo que o crescimento é primeiramente mais dependente da capacidade de extensão da parede que do turgor da mesma (NEUMANN, 1995).

Quando ocorre o fechamento do estômato como forma de proteção da planta contra a dessecação, simultaneamente, ocorre a restrição à difusão do dióxido de carbono atmosférico provocando queda na assimilação líquida de CO₂, ocorrendo variações na concentração, devido à severidade e duração do déficit hídrico. A deficiência de água durante a diferenciação celular nas folhas acarreta redução irreversível da área e espessamento foliar, e pode aumentar a densidade estomática (ZAGDANSKA; KOSDOJ, 1994). Com o fechamento dos estômatos e a restrição do CO₂, ocorre um decréscimo da reação de oxirredução do carbono pelo ciclo de Calvin-Benson e em consequência, o NADP⁺ oxidado, que serve como aceptor de elétrons do processo. Na transferência de elétrons, estando a ferredoxina na forma reduzida, podem ser transferidos elétrons do fotossistema I para o oxigênio, produzindo as espécies reativas deste elemento (CARNEIRO, 2011).

Além da queda na produção da área foliar, as plantas podem responder, com fechamento dos estômatos, com a aceleração da senescência e com a abscisão das folhas (TAIZ; ZEIGER, 2009). Pallas et al. (1979), relatam que o amendoim, tal como a soja, recupera mais rapidamente a função dos seus estômatos com a atenuação do estresse hídrico que outras espécies, esta habilidade pode ser uma importante resposta adaptativa da planta à seca.

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. Este desequilíbrio possui um efeito maior nos tecidos jovens da planta, quando comparado aos tecidos adultos, sendo que, com a suplementação hídrica, ocorre a retomada do desenvolvimento somente nas folhas mais jovens (SANTOS; CARLESSO, 1988). Embora a fase final do ciclo vital (senescência) seja

menos sensível ao estresse hídrico, quando comparada a expansão foliar, durante o crescimento vegetativo, ela ocorre porque o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento da mesma, desde que a planta não tenha capacidade de suprir a sua demanda por outros meios (ARAÚJO FILHO et al., 2013). De acordo com Jordan (1983) o déficit hídrico pode modificar a utilização de carboidratos, pois altera a eficiência com que os fotoassimilados são convertidos para o desenvolvimento de partes novas. Ocorrem mudanças na partição dos carboidratos no interior da planta, levando as mesmas a desenvolverem mecanismos de adaptação e resistência, para Kramer (1995), a baixa quantidade de água no solo, além de causar mudanças na expansão celular, na regulação estomática, na fotossíntese, na respiração, na translocação de substâncias, na síntese da parede celular, na redução da taxa de crescimento, também produz mudanças no padrão de translocação de matéria seca.

Em condições de déficit hídrico no solo ocorrem sinais químicos nas raízes, os quais agem no comportamento dos estômatos. Um rápido ressecamento do solo, mesmo não afetando a parte aérea, pode causar aumento na concentração de ácido abscísico no xilema, produzido provavelmente na coifa das raízes, ocasionando o fechamento dos estômatos e diminuindo a expansão celular (DAVIES; ZHANG, 1991). Chaves Filho; Seraphin (2001), trabalhando com *Solanum lycocarpum* observaram que, mesmo estando o teor de umidade do solo abaixo do ponto de murcha permanente, as plantas foram capazes de manter seu teor hídrico foliar no mesmo nível do que os das plantas em substrato em capacidade de campo, provavelmente devido à absorção de água pelas raízes e o fechamento estomático. Vidal et al. (1999), estudando essa espécie vegetal, afirmou que essa planta em condições de baixa disponibilidade de água apresenta um maior desenvolvimento do sistema radicular confirmando assim a adaptação da espécie às condições de estresse hídrico. O déficit hídrico, ao provocar a secagem superficial do solo, estimula a expansão das raízes, as quais se aprofundam no solo em busca de umidade (GONÇALVES, 2013; SCALON et al., 2011). Nestas condições as plantas investem no desenvolvimento do sistema radicular, aumentando o comprimento das raízes (FITTER; HAY, 1987).

2.4. Sinalização do estresse e alterações bioquímicas

Por meio de alterações na morfologia externa, na histologia, na citologia e na fisiologia da planta, as diferentes espécies de plantas desenvolvem mecanismos para enfrentar a falta de água no solo, evitando-a ou tolerando-a (MACHADO, 2004). Nas sementeiras antecipadas, quando ocorre déficit hídrico, sementes que possuem vigor reduzido, prioritariamente apresentaram alterações fisiológicas, pois as mudanças bioquímicas mais comuns são a diminuição do metabolismo respiratório, ocorrendo com a baixa absorção de oxigênio; maior permeabilidade das membranas celulares, levando a perda de metabólitos orgânicos e inorgânicos da semente e a diminuição da síntese de proteínas e polissacarídeos (NÓBREGA et al., 1998).

A capacidade da planta para manter suas atividades metabólicas enquanto sujeita ao estresse hídrico é

mediada por rearranjos celulares que incluem mudanças: nos seus ciclos de síntese de substâncias, aumentando a produção do ácido indol-acético; no sistema de endomembranas, aumentando a síntese de oxirredutores; na vacuolização, acumulando foto-assimilados no interior dos vacúolos celulares; bem como alterações na arquitetura da parede celular (MENESES et al., 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Pode-se citar outras alterações, que segundo Larcher (2006), são caracterizadas em não específicas como as alterações nas propriedades das membranas, inibição da fotossíntese, aumento da respiração, redução da produção de matéria seca, distúrbios no crescimento, baixa fertilidade e senescência prematura. Os efeitos não-específicos são representados por uma expressão do grau de severidade de um distúrbio, enquanto que os efeitos específicos são mecanismos peculiares de cada vegetal, como a ativação do ajuste osmótico ou da desfolha em face à falta de água.

A expressão dos efeitos específicos e não específicos em grande parte é atribuída ao ácido abscísico (ABA), o qual é o hormônio vegetal intimamente ligado à percepção das adversidades pela planta, e intensifica sua atuação na ocorrência de um déficit hídrico. O déficit hídrico desencadeia uma rápida redistribuição e acumulação do ABA, nos tecidos do vegetal. O ABA pode promover, através de sinais químicos, a comunicação das raízes com a parte aérea da planta, em decorrência da falta de água do solo. A elevação na concentração do ABA no apoplasto das células-guarda, reduzindo a condutância estomatal é uma expressão desta interação (DAVIES; ZHANG, 1991; TUBEROSA et al., 1994). O ácido abscísico regula as características morfofisiológicas das plantas, influenciando nas respostas ao déficit hídrico, como a diminuição da expansão celular. O ABA atua promovendo a estabilidade do mecanismo fotossintético na diferenciação estomática alterada, na síntese de ceras epicuticulares e na indução da formação de espinhos e tricomas (TUBEROSA et al., 1994).

Lea et al. (1995), em seus estudos com plantas de milho cultivadas em campo e em laboratório, observaram que o acúmulo de ABA originado nas raízes foi responsável pela diminuição no crescimento das folhas e pela manutenção do desenvolvimento da raiz. Em resposta ao estresse hídrico o mecanismo de ajuste primário é o enrijecimento da parede celular das folhas em desenvolvimento, que precede a lentidão do ajuste osmótico via acumulação ativa de solutos (PIMENTEL, 1999). Sob déficit hídrico, a biossíntese do ABA é induzida pela perda da turgescência, sendo que os estômatos se fecham antes que o teor de ABA nas folhas aumentem (ZAMBRANO, 2004). Em plantas medicinais o ABA promove alterações no conteúdo de compostos secundários tais como fenóis, taninos, prolina, poliaminas e terpenóides (FONSECA et al., 2006).

Outro hormônio vegetal, a auxina em condições de déficit hídrico tem atuação determinante na regulação do metabolismo e crescimento das raízes. Ribaut; Pilet (1994) observaram aumento no nível de auxina em raízes de milho com o aumento do estresse hídrico. Para muitos pesquisadores, o acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos em consequência ao estresse hídrico é o mais importante mecanismo de ajuste adotado

pelas plantas que toleram a seca com baixo potencial hídrico (TURNER 1986; CHAVES FILHO; SERAPHIN, 2001).

Este mecanismo, conhecido como ajuste osmótico, 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). O ajuste osmótico não impede que a taxa fotossintética seja reduzida sob condições de falta de água, a turgescência é mantida, permitindo que a fotossíntese e outras atividades fisiológicas ocorram, mesmo em menor intensidade, possibilitando a redistribuição de carbono e nitrogênio (PALTA et al., 1994). Segundo Morgan (1984) a ação dos solutos no ajuste osmótico pode variar de acordo com a espécie. Por exemplo, em forrageiras tropicais Ford; Wilson, (1981) observaram que o potássio e o cloro são os que mais contribuem. Já em soja, Meyer; Boyer (1981) relataram que os aminoácidos, a glicose, a frutose e a sacarose, foram os principais agentes osmóticos.

O acúmulo de solutos ativos intracelularmente é mais eficaz na diminuição do potencial hídrico do que a própria diminuição da perda de água pela célula, sendo que, 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. Assim, torna possível que o crescimento celular ocorra mesmo em um potencial hídrico que geralmente seria inibidor. Dentre os solutos que desencadeiam o ajuste osmótico, citam-se: açúcares solúveis, aminoácidos e o K^+ que corresponde de 60% a 100% do ajuste osmótico (KRAMER, 1995; TURNER, 1997).

Graciano (2009) verificou para plantas de amendoim que a concentração dos solutos orgânicos das folhas e das raízes sofreu influência da suspensão de água, aumentando em 200% a concentração de carboidratos solúveis, 150% proteínas solúveis, e em torno de 150% a concentração de aminoácidos livres, reduzindo o potencial hídrico foliar e o conteúdo relativo de água da folha. Entre os solutos avaliados, destacou-se o acúmulo de prolina, sendo que a cultivar BR1 no tratamento com rega diária apresentou 1,37 MF nas folhas e 17,35 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ nas raízes, já as plantas em estresse hídrico apresentaram 116,55 e 536,19 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ nas folhas e raízes respectivamente, e a cultivar BRS Hawana apresentou no tratamento controle nas folhas 0,59 e nas raízes 19,24 $\mu\text{mol.g}^{-1}$, e no tratamento sem irrigação 53,59 e 97,45 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ nas folhas e raízes respectivamente. Isso indica a importância desta substância quando da duração do estresse hídrico.

Machado (2004) relata que, sob déficit hídrico, a prolina se acumula no vacúolo celular, promovendo uma regulação osmótica, o que aumenta a capacidade da planta de extrair água do solo, de proteger a integridade celular, ou ainda, participar da constituição de estoque de N e C que poderiam ser usados no período após o estresse hídrico. Este autor explica que a prolina é um aminoácido pertencente à classe de pequenas moléculas denominadas soluto-compatíveis, as quais promovem o ajuste osmótico

nas células, como os íons inorgânicos, sem o efeito prejudicial destes últimos sobre enzimas ou outras macromoléculas do citoplasma, mesmo em altas concentrações.

Burle; Rodrigues (1990), apesar de não detectarem aumento de prolina em seus experimentos de soja cultivar Doko sob déficit hídrico, relataram o acúmulo de prolina na soja em resposta ao déficit hídrico em trabalhos de Waldren et al., (1974) e Waldren;Teare(1974), concluindo que este é um mecanismo específico de cada cultivar. Aparentemente existe uma relação inversamente proporcional, entre o potencial osmótico e o comprimento do sistema radicular, com a diminuição do potencial osmótico ocorre o aumento no sistema radicular (MORAES; MENESES, 2003; MACHADO et al., 2003). Braccini et al. (1996), estudando plântulas de soja observaram uma diminuição da relação parte aérea sistema radicular como decréscimo do potencial osmótico, em condições de déficit hídrico.

Independente do tipo de metabolismo, o estresse hídrico causa redução na fotossíntese e o aumento da respiração, promovendo um aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (PEREIRA et al., 2012). Hong-Bo et al. (2008), relata que o estresse hídrico pode promover um aumento na formação de espécies reativas de oxigênio podendo desencadear assim um estresse oxidativo. Isto ocorre porque durante a transferência de elétrons, quando a ferredoxina está reduzida, elétrons podem ser transferidos do fotossistema I (PS I) para o oxigênio, levando a formação do radical superóxido, este processo é conhecido como reação de Mehler, a qual provoca mais reações na cadeia, gerando mais espécies reativas de oxigênio, como espécies oxigênio singlet, peróxido de hidrogênio, superóxido, e radicais hidroxila, causando o estresse oxidativo (BEN AHMED et al., 2009). As espécies reativas de oxigênio (EROs) são geradas nos cloroplastos, na mitocôndria e peroxissomos, sendo seu acúmulo potencialmente prejudicial às células, pois provoca danos ao DNA, RNA, proteínas membranas celulares. Em caso de estresse severo, pode ocorrer um aumento na produção de EROs, o que irá desencadear uma sequência de eventos, iniciada pela peroxidação dos lipídeos, avançando para a degradação das membranas e a morte celular (JALEEL et al., 2009).

As plantas desenvolveram estratégias para a proteção dos danos oxidativos, como o sistema de defesa não-enzimático, composto por carotenóides, ascorbato, glutatona, α -tocoferóis, e ainda um enzimático, como a superóxido dismutase, catalisando a reação do radical superóxido à H_2O_2 ; catalase que produz água e oxigênio a partir da água; e enzimas do ciclo ascorbato-glutatona, como a ascorbato peroxidase e as peroxidases (BEN AHMED et al., 2009; JALEEL et al., 2009). Carneiro (2011), em experimentos com girassol, observou maior atividade dessas enzimas antioxidantes nas folhas, porém sem incremento da atividade enzimática no sistema radicular, demonstrando que, o mesmo nível de estresse pode não ter atingido as raízes da planta, evidenciando as diferentes respostas do metabolismo dos órgãos vegetais quanto à ativação do mecanismo antioxidante.

3. DISCUSSÃO

A antecipação da sementeira da soja, que já é uma realidade técnica necessita de um debate científico, tendo em vista as vantagens e dificuldades decorrentes da adoção da prática agrícola. O efeito do déficit hídrico sobre a planta de soja é um tema extensamente estudado, contudo, a sua influência sobre o estabelecimento das lavouras com plantios precoces ainda levantam polêmicas. No norte do estado de Mato Grosso, a antecipação do plantio pode ocasionar uma condição temporária de escassez de água para a planta de soja na fase inicial do seu desenvolvimento, que compreende os estádios da germinação da semente, emergência da plântula até a emissão do 2º trifólio, sendo este período cerca de 2 a 3 semanas após a sementeira. Este estágio coincide como a etapa de estabelecimento do estande na lavoura.

Segundo Barros et al. (2003) a antecipação do plantio causou queda na produtividade, pois a distribuição irregular das chuvas culminou com a fase vegetativa e reprodutiva da planta, e na sementeira tardia (06/01) houve restrição hídrica a partir do mês de março, coincidindo com a fase reprodutiva e o enchimento dos grãos da planta de soja. Os mesmos autores avaliaram o efeito da época de sementeira na produtividade da soja, com as cultivares (M-Soy 109, M-Soy 8914, M-Soy 9350, M-Soy 108e Suprema) nas épocas (30/10, 09/11, 21/11, 23/12 e 06/01) cultivadas nas safras (2000/2001 e 2001/2002) em Gurupi/TO, tanto a antecipação em (30/10) quanto o retardamento (06/01) causaram quedas na produtividade, sendo a melhor época (21/11), devido a regularidade da precipitação pluviométrica.

Apesar do risco de queda na produtividade, antecipação da sementeira, na região norte do estado de Mato Grosso, é justificada pelo escape dos períodos de maior infecção da Ferrugem da Soja (*Phakopsora pachyrhizi*), considerada a doença mais importante do norte de Mato Grosso. A epidemiologia da Ferrugem Asiática da Soja é extremamente influenciada pelas condições climáticas, o patógeno é favorecido pelo intenso molhamento foliar, e temperaturas entre 18°C a 26,5 °C, sendo o fator umidade o mais importante, assim, quanto maior o período de chuvas maior a infecção da doença (TSUKAHARA et al., 2008). Devido a isto, dentre as estratégias de manejo recomendadas, esta a sementeira no início da época recomendada, pois com a colheita antecipada, a soja não passaria por períodos de maior pluviosidade, diminuindo os prejuízos causados pela doença (EMBRAPA, 2011).

O final do ciclo de desenvolvimento da planta, que coincide com o mês de fevereiro, o de maior precipitação pluviométrica (SOUZA et al., 2013), deixam as lavouras de soja susceptíveis às altas taxas de infecções desta doença, o que aumenta a intensidade do inóculo, dificultando a eficiência das medidas de controle, acarretando em provável perda da produtividade. Portanto, recomenda-se que no mês de fevereiro, as lavouras encontrem-se nos estádios finais de enchimento de grãos.

Outra vantagem decorrente da antecipação da sementeira é a possibilidade de se evitar o plantio tardio da soja. Segundo Albrecht et al. (2008), a escolha da época de plantio da soja irá influenciar na produção final, pois conforme a data em que ocorre a sementeira as plantas estarão sujeitas as condições adversas do ambiente, sendo essa influência acentuada pela fase do ciclo. Vários trabalhos demonstram que os plantios nas primeiras datas da temporada de sementeira podem resultar em produtividades mais compensatórias.

Pesquisadores da Fundação Rio Verde (2006), avaliaram três diferentes datas de sementeira (20/10, 15/11 e 30/11), utilizando cultivares de soja convencionais (CD 217, A 7001, A 7005, A 7002, CD 211, Tucunará, Monsoy 8411, AN 8500, Monsoy 8757, Monsoy 8866, Monsoy 8070, CD 222, Caiapônia, Jiripoca, Luziânia, Tabarana, Ipameri, Indiará, Perdiz, Monsoy 8914, Monsoy 9350) e as cultivares transgênicas (Valiosa RR, TMG 103 RR, Monsoy 8000 RR, Monsoy 8008 RR, Monsoy 8248 RR, Monsoy 8585 RR, Monsoy 8787 RR, CD 219, Sylvania RR, TMG 106 RR, Monsoy 8925 RR, Baliza RR, TMG 108 RR), o experimento foi realizado no município de Lucas do Rio Verde-MT na safra 2005/2006 e concluíram que nas primeiras épocas de sementeira obtiveram produtividades maiores. E para cada dia de atraso na sementeira após o dia 20/10 houve redução de 16,1 e 14,5 kg/ha para cultivares convencionais e transgênicas, respectivamente.

Stulp et al. (2009), na cidade de Palotina-PR, avaliando o desempenho agrônomico das cultivares (CD 202, CD 215 e CD 216) precoces de soja, sementeiras nas épocas (15/09, 30/09, 15/10, 30/10 e 15/11), em dois anos agrícolas (2003/2004 e 2004/2005), observaram que a maior produtividade para as cultivares foi obtida com a sementeira realizada no mês de outubro concluindo que a antecipação na sementeira é uma alternativa viável para a região oeste do Estado do Paraná.

Assim como Motta et al. (2002), avaliando em Maringá-PR, a influência das épocas de sementeira (15/10, 30/10, 15/11, 30/11 e 15/12) nas características agrônomicas das cultivares de soja BRS 132, BRS 133, BRS 134, BR 16 e FT-Estrela no ano agrícola 1999/2000, determinou que a melhor época de sementeira no rendimento de sementes foi a realizada em 15/10, devido a distribuição de chuvas uniforme. A antecipação da sementeira da soja é adotada pelos produtores, principalmente no estado de Mato Grosso, como forma de evitar perdas, devido ao excesso chuvas na colheita, e propiciar uma melhor renda na segunda safra com o plantio do milho (FIETZ; RANGEL, 2008).

Os cultivos de segunda safra, após a colheita da soja, se beneficiam com a antecipação do plantio desta leguminosa, por conta da maior pluviosidade disponível para o seu ciclo de produção, seja para plantio do milho, sorgo, arroz, feijão, capim ou consórcio ILP (Integração Lavoura – Pecuária). A distribuição das operações do plantio da safra, da safrinha, e da colheita em um maior período de tempo permite a maximização do uso do maquinário da propriedade e a diluição dos riscos de perdas na colheita da soja como cultivo principal e no plantio do milho safrinha, devido ao excesso de chuvas nos meses de janeiro e fevereiro. A antecipação do plantio da soja viabiliza um melhor escalonamento das operações,

pois permite ampliar o cronograma destas atividades. A antecipação da sementeira justifica-se também pelas vantagens econômicas, já que a soja se configura hoje como uma das mais importantes commodities para a economia mundial, e ocorre escassez do produto devido à entressafra, sendo a negociação dessa mercadoria realizada com entrega futura e para tanto, os preços comerciais praticados tornam-se atrativos para a soja colhida até a data de 15 de fevereiro.

Ao se analisar um série histórica dos preços da soja no Brasil, nos anos de 2000 a 2010, demonstram que os preços pagos mais elevados estão no mês de janeiro em todos os anos, e a partir do mês de fevereiro, já ocorrem quedas nos preços. A seca tanto pode enfraquecer as funções vitais como pode estimular reações adaptativas que capacitem as plantas a sobreviverem em períodos prolongados de deficiência hídrica. Essas reações adaptativas visam manter o crescimento e a reprodução da planta em ambientes com escassez hídrica. Disponibilizar recursos essenciais, que possam fortalecer as habilidades do vegetal para resistir a tal condição, é de grande importância (HONG-BO et al., 2008). Com a compreensão de como as plantas respondem ao estresse hídrico identificando os mecanismos que a mesma utiliza para tolerância à seca, pode prever os impactos na produção das culturas (ATKIN; MACHEREL, 2009).

O boletim da Fundação MS (2012) relaciona fatores a serem considerados para enfrentar a escassez de água e orienta a adoção de medidas relativas a cada fator: o genético, que apesar de não haver cultivares resistentes à seca, existem cultivares com diferentes graus de tolerância ao déficit hídrico. Sendo que na escolha da cultivar, deve-se considerar o seu comportamento associado aos demais fatores que podem interagir entre si, exemplificando a tolerância ao déficit hídrico associado à manutenção da fertilidade do solo, pois as cultivares respondem ao déficit hídrico de maneiras diferentes em ambientes distintos.

As características morfofisiológicas auxiliam na escolha da variedade mais indicada para cada situação. Plantas que possuam sistema radicular robusto e eficiente, que explorem o solo vigorosamente em busca de umidade, estruturas que atenuem a perda de água pelas folhas, como os tricomas e menor área foliar, que desencadeiem um rápido ajuste osmótico, têm maior probabilidade de resistir a uma possível escassez de chuvas. O solo contendo apropriado teor de nutrientes, estando livre de alumínio tóxico, terá uma fertilidade que propicie as condições mais adequadas para o suprimento de nutrientes para a plântula, mesmo em baixa disponibilidade de água. Solos com maiores níveis de matéria orgânica propiciam maior capacidade de armazenamento e retenção de água, e que se apresentem livres de impedimentos por compactação, garantindo um irrestrito desenvolvimento radicular, favorecem a sobrevivência das plantas submetidas à limitada pluviosidade.

A prática agrícola do plantio direto auxilia na diminuição da perda de água do solo, melhorando as condições do mesmo, levando-o a uma melhor germinação e desenvolvimento das plantas. E a cobertura do solo com a palhada neste sistema, pode reduzir o estresse hídrico provocado pela evaporação.

As práticas de manejo adotadas para condução da cultura são determinantes para predispor a planta à superação do déficit hídrico. A água é responsável por diversos processos que ocorrem na semente durante a germinação, sendo de grande importância para uma boa germinação e vigor, influenciando diretamente no estado de plantas do qual é dependente a produção final (KAPPES et al., 2010). Sementes vigorosas vão originar plantas vigorosas mais capacitadas para sobrepujar as dificuldades inerentes à antecipação de sementeira.

A utilização de sementes de alta qualidade é indispensável, no caso da sementeira antecipada, pois sementes com alta taxa de vigor possuem maior probabilidade de sucesso na germinação e desenvolvimento em condições de baixa disponibilidade de água. A sementeira realizada em solo com baixa umidade pode retardar a germinação tornando o processo mais lento, assim as sementes estarão mais sujeitas ao ataque de patógenos, os quais são prejudiciais à qualidade das sementes, nesta situação o tratamento de sementes com produtos químicos se torna indispensável para a proteção das sementes, com o cuidado na adição de produtos tóxicos, que podem comprometer a sua germinação e vigor (BALARDIN et al., 2011).

As áreas destinadas à antecipação de sementeira, que podem sofrer déficit hídrico, devem permitir uma facilitada nodulação a fim de disponibilizar nitrogênio suficiente para atender a demanda do metabolismo sobrecarregado. Por isso, preferencialmente, estas áreas devem ter solos já cultivados com soja, onde já existam inóculos de bactérias *Bradyrhizobium*, além da inoculação, como recomendado pela Embrapa.

Na operação de plantio, a profundidade de deposição da semente no solo, requer uma atenção redobrada, pois com a falta de água, sementes muito superficiais estarão sujeitas a rápida desidratação e sementes muito profundas sobrecarregarão seus gastos energéticos rompendo o solo a mais depositado sobre elas. Para a maioria das situações, a profundidade de 4,0 cm é a mais indicada. Para isso, plantadeiras pantográficas, que uniformizam a profundidade de plantio oferecem maiores possibilidades de controle na profundidade de deposição das sementes de soja. A água é fator determinante na disponibilidade de nutrientes, e a falta de água na antecipação do plantio vai interferir no suprimento dos nutrientes para a planta. Sendo assim, a quantidade de fertilizante a ser aplicada terá que contar com um adicional para ajustar o fator de correção da adubação a esta condição de umidade. E em condição de escassez de água, o potássio não pode ser aplicado junto à semente, sob o risco de provocar a desidratação da mesma.

Na antecipação de sementeira, as plantas de soja não podem sofrer competição com ervas daninhas. A baixa disponibilidade de água permite que as plantas daninhas utilizem umidade do solo destinada à soja, sem contar que, as mesmas, sendo metabolicamente mais eficiente do que a soja competem por nutrientes e luminosidade. Enquanto persistir a condição de déficit hídrico, estando o metabolismo da planta comprometido com a sobrevivência do vegetal, não é recomendável o uso de herbicidas pré ou pós-emergentes, pois, podem reduzir a capacidade metabólica da parte aérea, ou do sistema radicular, debilitando a planta ante os desafios

fisiológicos da deficiência de água. O uso de herbicidas para a dessecação das plantas invasoras poderá ser feito com antecedência suficiente a fim de se obter o secamento total da palhada antes da sementeira.

A quantidade de sementes a ser plantada dependerá da população ou estande que se pretende obter, levando em conta o nível de estresse hídrico a que estarão submetidas às plantas da lavoura. A probabilidade de sobrevivência das plantas no chamado “plantio no pó” é menor do que as plantas de áreas que recebem pelo menos 100 mm de água por meio das chuvas. Mesmo assim, todas as cultivares demandam um aumento na quantidade de sementes a serem plantadas, variando o número de sementes, conforme material genético utilizado.

4. CONCLUSÕES

A antecipação da sementeira da soja no norte do Mato Grosso impõe um risco de restrição de água na fase de estabelecimento da lavoura, submetendo a planta a um estado de estresse.

Entretanto, tecnologias disponíveis possibilitam a superação destas restrições, preservando o potencial produtivo da lavoura e o êxito econômico do empreendimento. Esta tecnologia está fundamentada na habilidade da planta em desenvolver mecanismos de resposta ao déficit hídrico, e também nas medidas adotadas para o favorecimento da expressão destas habilidades, sendo que a tecnologia adotada deve ser ajustada ao nível de escassez de água ao qual será submetido o cultivo.

Na atualidade o risco da antecipação da sementeira da soja no Norte do Mato Grosso é compensado pelo escape da lavoura ao ataque mais intenso da Ferrugem Asiática; pela evasão do cultivo tardio da soja, que via de regra, proporciona produtividades menores; pela maximização do uso das máquinas e equipamentos da propriedade rural pela expansão do cronograma de operações; pela maior remuneração dos preços do grão de soja praticados no início da colheita; e pela antecipação da segunda safra (safrinha), que proporciona maior pluviosidade e menor restrição de água para seu ciclo de produção da mesma.

5. BIBLIOGRAFIA

ALBRECHT, L. P. et al. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes sob sementeira antecipada da soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.4, p.445-454, jul./ago.2008.

ARAÚJO FILHO, J. T. et al. Características morfológicas e produtivas da maniçoba cultivada sob lâminas hídricas e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.4, p.609-623, out./dez. 2013.

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

BALARDIN, R. S. et al. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.7, p.1120-1126, jul. 2011.

- BARROS, H. B. et al. Efeito das épocas de semeadura de cultivares de soja, no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Vicosa, v. 50, n.291, p.565-572, set./out. 2003.
- BEN AHMED, C. H. et al. Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.67, n.2, p. 345-352, dez. 2009.
- BERLATO, M. A.; BERGAMASHI, H. Consumo de água da soja I: evapotranspiração estacional em condições de ótima disponibilidade de água no solo. In. SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA-EMBRAPA, 1, 1979, Londrina, Paraná. **Anais...** Londrina: Embrapa CNPSo, 1979. p.53-58.
- BRACCINI, A. L. et al. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.1, p.10-16. Jan./abr. 1996.
- BURLE, M. L.; RODRIGUES, G. C. Relações hídricas internas da soja sob déficit hídrico em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.6, p.905-913, jun. 1990.
- 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.
- CARNEIRO, M. M. L. C. Trocas Gasosas e Metabolismo Antioxidativo em Plantas de Girassol em Resposta ao Déficit Hídrico. 2001. 43f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia vegetal) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.
- CHAVES FILHO, J. T.; SERAPHIN, E. S. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.2, p.199-204, jun. 2001.
- 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.
- DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in rying soil. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.55-76, jun.1991.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 2000/01**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 245p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tecnologias de Produção de Soja: Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 262p.
- FARIAS, J. R. B. et al. **Ecofisiologia da Soja**. Londrina: Embrapa CNPSo, 2007. 9p. (Circular Técnica, N° 48)
- FIETZ, C. R.; RANGEL, M. A. S. Época de semeadura da soja para a região de Dourados- MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.666-672, out./dez. 2008.
- FIOREZE, 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.
- FITTER, A. H.; HAY, R. K. M. **Environmental Physiology of Plants**. New York: Academic Press. 1987. 422p.
- FONSECA, J. M. et al. Potential implications of medicinal plant production in controlled environments: the case of feverfew (*Tanacetum parthenium*). **HortScience**, Alexandria, v.41, n.3, p. 531-535, maio/jun. 2006.
- FONTANA, D. C. et al. **Monitoramento e previsão da safra de soja 1999/2000 no Brasil**. Porto Alegre: CEPSSRM/UFRGS, 2001. 121p.
- FORD, C. W.; WILSON, J. R. Changes in levels of solutes during osmotic adjustment to water stress in leaves of four tropical pasture species. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.8, n.1, p.77-91, jan. 1981.
- FUNDAÇÃO RIO VERDE. **Sistemas de Produção Soja e Milho Safra 2005-06 - Milho Soja**. Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2006. 126p. (Boletim Técnico, N° 13.)
- 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 Agronômico de Campinas, Campinas, 2013.
- GRACIANO, E. S. A. **Estudos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas à deficiência hídrica**. 2009. 68f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- HONG-BO, S. et al. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v.331, n.3, p.215-225, jan. 2008.

- JALEEL, C. A. et al. Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants under abiotic constraints. **Acta Physiology Plant**, Poznan, v.31, n.3, p.427-436, maio 2009.
- 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. 1983. p.289-317.
- KAPPES, C. et al. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.2, p.125-134, mar./abr. 2010.
- KRAMER, P. J. **Water relations of plants and soils**. New York: Academic Press, 1995. 495p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531p.
- LEA, P. J. et al. Absorção e metabolismo de nitrogênio sobre estresse hídrico. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA - EMBRAPA/CNPMS, 1, 1995, Belo Horizonte, Minas Gerais. **Anais...** Belo Horizonte: Embrapa CNPMS, 1995. p.163-194.
- LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress II: Walter radiations, salt and other stress**. New York: Academic Press, 1980. 606p.
- MACHADO J. C. et al. Controle da germinação de sementes de soja em testes de sanidade pelo uso da restrição hídrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.25, n.2, p. 77-81, abr./jun. 2003.
- MACHADO, A. V. **Efeitos do estresse hídrico em plantas jovens de *Hedyosmum brasiliense* Mart. (Chloranthaceae)**. 2004. 65f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MELO, H. C. et al. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico. **Hoehnea**, Lavras, v. 34, n.2, p. 145-153, abr./jun. 2007.
- MENESES, C. H. S. G. et al. Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas a déficit hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.10, n.2, p.1039-1072, ago. 2006.
- MEYER, R. F.; BOYER, J. S. Osmoregulation, solute distribution, and growth in soybean seedlings having low water potentials. **Planta**, Berlin, v.151, n.5, p.482-489, maio 1981.
- MORAES, G. A. F., MENEZES N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p. 219-226, fev. 2003.
- MORGAN, J. M. Osmoregulation and water stress in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.35, p.299-319, jun.1984.
- MOTTA, I. S. et al. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. I. Efeito nas características agrônomicas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1275-1280, set./out. 2002
- NEUMANN, P.M. The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. **Crop Science**, Madison, v.35, n.5, p.1258-1266, set./out. 1995.
- NÓBREGA, L. H. P. et al. Deficiência na germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de sementes**, Brasília, v. 20, n.1, p. 126-13, jan./abr. 1998.
- PALLAS, J. E. et al. Effects of drought on florunner peanuts. **Agronomy Journal**, Madson, v.71, n.5, p.853-858, set./out. 1979.
- 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.
- PEREIRA, J. W. L. et al. Mudanças bioquímicas em s de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.4, p.766-773, out./dez, 2012.
- PESKE, S. T. **Germination and emergence of soybean seeds as related to moisture stress**. Mississipi: MSU, 1983. 81p.
- PIMENTEL, C. Relações hídrica em dois híbridos de milho sob dois ciclos de deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2021-2027, nov. 1999.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Ponto de emergência Permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.1, p.35-41, jan./mar. 2004.
- RIBAUT, J. M.; PILET, P. E. Water stress and indol-3yl-acetic acid content of maize roots. **Planta**, Berlin, v.193, p.502-507, maio 1994.
- SALDANHA, G. S. **Evaporação de água do solo na fase inicial desenvolvimento das culturas do milho e soja**. 2009. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- SANTOS, F. L. et al. **Relações Solo-Água-Planta**. In Shakib Shahidian, Rita Guimarães, Carlos Miranda Rodrigues (eds). **Hidrologia Agrícola**. Évora: ICAAM, 2012. p.153-203.
- SANTOS, R. B. et al. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop-MT. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.06, n.1, p.72-87, jan./abr. 2013.

- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, mar. 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. et al. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de Mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.4, p.655-662, out./dez. 2011.
- SILVA, R. R. **Relação entre precipitação pluviométrica da cultura de soja no município de Ibirubá – RS**. 2013. 93f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- 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.
- STULP, M. et al. Desempenho agrônomo de três cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em duas safras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.5, p.1240-1248, set./out. 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.
- TSUKAHARA, R. Y. et al. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do Estado do Paraná. **Semina**, Londrina, v.29, n.1, p.47-52, jan./mar. 2008.
- TUBEROSA, R. et al. Abscisic acid concentration in leaf and xylem sap, leaf water potential, and stomatal conductance in maize. **Crop Science**, Madison, v.34, n.4, p.1537-1563, jul./ago. 1994.
- 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.
- TURNER, N.C. Further progress in crop water relations. In: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in agronomy**. New York: Academic Press, 1997. p.293-337.
- VIDAL, M. C. et al. Crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Lobeira) em casa de vegetação. **Acta Botânica Brasileira**, Rio de Janeiro, v.13, n.3, p.271-274, set./dez. 1999.
- ZAGDANSKA, B.; KOZDOJ, J. Water stress-induced changes in morphology and anatomy of flag leaf of spring wheat. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, Warszawa, v.63, n.1, p.61-66, jan./mar. 1994.
- ZAMBRANO, O. D. B. **Sinalização entre os sistemas radiculares e caulinares em genótipos contrastantes de *Lycopersicon* sob estresse por deficiência hídrica**. 2004. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.