



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EMAGROENERGIA

ALESSANDRA MARIA DE LIMA NAOE

EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO E ÉPOCAS DE SEMEADURA SOBRE OS
TEORES E RENDIMENTOS DE ÓLEO E PROTEÍNA EM CULTIVARES DE SOJA
NO TOCANTINS

PALMAS - TO
OUTUBRO – 2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

Aluna: Alessandra Maria de Lima Naoe

Orientador: Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins como parte das exigências do programa de Pós Graduação em Agroenergia para obtenção do Título de Mestre.

PALMAS - TO
OUTUBRO - 2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

N194e Naoe, Alessandra Maria de Lima.
Efeito do déficit hídrico e épocas de semeadura nos teores e rendimentos de óleo e proteína em cultivares de soja no Tocantins. / Alessandra Maria de Lima Naoe. – Palmas, TO, 2015.
49 f.
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2015.
Orientador: Joênes Mucci Peluzio
1. Biocombustível. 2. óleo. 3. Proteína. 4. Estresse hídrico. I.
Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO E ÉPOCAS DE SEMEADURA SOBRE OS
TEORES E RENDIMENTOS DE ÓLEO E PROTEÍNA EM CULTIVARES DE
SOJA NO TOCANTINS

Alessandra Maria de Lima Naoe

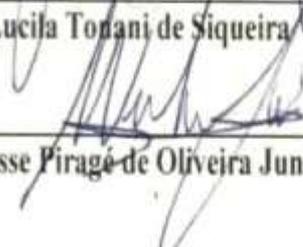
APROVADA EM 17/09/2015



Prof. Dr. Joênes Muci Peluzio (Presidente- UFT)



Profa. Dra. Flávia Lucila Tonani de Siqueira (Examinadora Interna - UFT)



Prof. Dr. Waldesse Piragó de Oliveira Junior (Examinador Externo)

Ao meu querido filho Heitor
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me manter sempre firme e persistente. À minha família pelo apoio em todas as minhas decisões;

Ao meu orientador professor Joênes Mucci Peluzio pela confiança, incentivo e ensinamentos durante a realização deste trabalho;

À professora Flávia Tonani pela confiança, contribuição intelectual neste trabalho e pelas aulas agradáveis e produtivas no mestrado;

Ao professor Waldesse Piragé pela confiança, presteza e contribuição intelectual neste trabalho;

Ao Lucas, pelo apoio, paciência e incentivo diários, também pelos ensinamentos e companheirismo, não só no trabalho, mas na vida.

Ao Antônio Humberto Simão e Evandro Reina pela ajuda e ensinamentos imprescindíveis;

Ao Diego Bárbara e Jucilene Costa, pela amizade e ajuda na condução do experimento e nas análises químicas;

À Clemilda e Roberta, pela amizade e troca de experiências durante o trabalho na UFT e também no mestrado;

À Soraya, Olíria, João Paulo e Rose pela amizade e convívio diários;

À Unitins (Nayara, Expedito e Lucas) pelo apoio científico e estrutura laboratorial;

Aos funcionários da Jorima, Carlos André e Senhor Celestino, pela ajuda;

Aos professores e colegas do programa de pós graduação em Agroenergia pelos ensinamentos e troca de experiências durante o mestrado.

À Universidade Federal do Tocantins pela oportunidade.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO I.....	14
1.1 Revisão Bibliográfica	14
1.1.1 A cultura da soja.no Estado do Tocantins.....	14
1.1.2 Soja e Biodiesel.....	15
1.1.3 Biossíntese de lipídeo e proteína	18
1.1.4 Déficit hídrico na cultura da soja.....	22
1.1.5 Cultivares.	25
Referências Bibliográficas.....	27
CAPÍTULO II.....	31
Avaliação de óleo e proteína em grãos de soja submetidos a déficit hídrico com ênfase na produção de biodiesel.....	31
Resumo.....	31
Abstract.....	32
Introdução	32
Material e Métodos.....	34
Resultados e Discussão	38
Conclusão	46
Referências Bibliográficas.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição dos manejos nos estádios reprodutivos.	36
Tabela 2: Análise de variância conjunta referente aos teores(%) e rendimento em (kg ha ⁻¹) de óleo e proteína de duas cultivares de soja produzidas em duas épocas sob quatro formas de manejo de irrigação	39
Tabela 3 Médias dos desdobramentos da interação cultivar dentro de manejo-época, manejo dentro de cultivar-época e época dentro de cultivar-manejo para os teores de óleo (TO) e proteína (TP) no grão	40
Tabela 4: Médias obtidas do rendimento em kg ha ⁻¹ de óleo (RO) e proteína (RP) para quatro tipos de manejo de irrigação em duas épocas (E1 e E2).	42
Tabela 5: Médias obtidas do rendimento em kg ha ⁻¹ de óleo (RO) e proteína (RP) para quatro tipos de manejo de irrigação nas cultivares TMG132 e TMG1288	44

LISTA DE ABREVIATURAS

CC – Capacidade de Campo

PMP – Ponto de murcha permanente

AD – Água disponível

R1 – Estádio fenológico referente ao início da floração

R3 – Estádio fenológico referente ao fim da floração

R4 – Estádio fenológico referente ao início da formação da vagem

R5.5 – Estádio fenológico referente ao final do enchimento do grão

R7 – Estádio fenológico referente ao final da maturação

DHF – Déficit hídrico na floração

DHE – Déficit Hídrico no enchimento do grão

DHM – Déficit hídrico na maturação

IN – Irrigação normal (testemunha)

M – Manejo

C – Cultivar

E1 – Época 1

E2 – Época 2

TOL – Teor de óleo em porcentagem

TPR – Teor de proteína em porcentagem

OHA – Rendimento de óleo em kilograma por hectare

PTN – Rendimento de proteína em kilograma por hectare

RESUMO

NAOE, Alessandra Maria de Lima. Universidade Federal do Tocantins, Setembro de 2015. **EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO E ÉPOCAS DE SEMEADURA SOBRE OS TEORES E RENDIMENTOS DE ÓLEO E PROTEÍNA EM CULTIVARES DE SOJA NO TOCANTINS**. Orientador: Joênes Mucci Peluzio

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) representa hoje a principal fonte de óleo para a produção de biodiesel e de proteína como fonte de alimentação animal, sendo ambos condicionados por fatores genéticos e ambientais. O principal fator ambiental que influencia a composição química do grão é a disponibilidade de água e a temperatura. O déficit hídrico afeta uma série de processos fisiológicos na soja e leva a alteração do teor de óleo e proteínas no grão, especialmente quando associado às altas temperaturas e principalmente quando ocorrem no período reprodutivo da cultura. No presente trabalho avaliou-se o efeito do déficit hídrico em diferentes estádios reprodutivos e épocas de semeadura, nos teores e rendimento de óleo e proteína em grãos de soja. Em cada época de semeadura (10/07/15 e 10/12/15), foi realizado um experimento em casa de vegetação na Universidade Federal do Tocantins, município de Palmas. O delineamento experimental utilizado em cada experimento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2 com quatro repetições, representado por quatro sistemas de manejo (déficit hídrico nos estádios de floração, enchimento do grão e maturação; sem déficit hídrico) e duas cultivares (TMG132RR e TMG1288RR). Os sistemas de manejo e as épocas de semeadura afetaram o rendimento de óleo e proteína. As épocas de semeadura tiveram maior influência nos teores de óleo e proteína do que os sistemas de manejo. Os maiores teores de óleo e proteína foram observados na primeira e segunda épocas de semeadura respectivamente. A floração e o enchimento de grãos foram mais sensíveis ao déficit hídrico. As cultivares de soja avaliadas apresentaram resposta similar quanto ao déficit hídrico.

Palavras-chave: biocombustível, manejo de irrigação, fatores ambientais.

ABSTRACT

NAOE, Alessandra Maria de Lima. Universidade Federal do Tocantins, Setembro de 2015. **EFFECT OF DROUGHT AND SOWING TIME ON CONTENT AND OIL AND PROTEIN YIELDS IN SOYBEAN CULTIVARS IN TOCANTINS.** Orientador: Joênes Mucci Peluzio

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) today is the main source of oil for the production of biodiesel and protein as feed source, both being conditioned by genetic and environmental factors. The main environmental factor influencing the grain chemical composition is availability water and temperature. The drought affects a number of physiological processes in the soybean and leads to deterioration of the oil content and protein in the grain, especially when associated with high temperatures and especially when they occur during the reproductive period of culture. In the present study evaluated the effect of drought on different reproductive stages and sowing dates on the content and yield of oil and protein in soybeans. In each planting date (07/10/15 and 10/12/15), an experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of Tocantins, Palmas municipality. The experimental design used in each experiment was completely randomized in a 4x2 factorial scheme with four replications, represented by four management systems (water deficit in the flowering stage, grain filling and maturation; without water Deficit) and two cultivars (TMG132RR and TMG1288RR). The management systems and sowing dates affect the yield of oil and protein. Sowing dates had the greatest influence on oil and protein levels than those management systems. The highest levels of oil and protein were observed in the first and second sowing dates respectively. The flowering and grain filling were more sensitive to drought. The evaluated soybean cultivars showed similar response as the water deficit.

Keywords: biofuel, irrigation management, environmental factors.

INTRODUÇÃO

A soja representa uma das mais importantes culturas agrícolas na economia mundial, sendo amplamente utilizada tanto na alimentação animal quanto humana. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), para a safra de 2014/2015, estima-se uma produção global recorde de 315,5 milhões de toneladas, o que significa um aumento de 11,2% sobre a safra 2013/14. Ainda segundo a USDA, os EUA se mantêm como maior produtor mundial do grão com 89,5 milhões de toneladas, seguido do Brasil com 85,4 milhões de toneladas.

No Brasil, a produção da oleaginosa cresceu em quase 10% na safra 2013/2014. A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014) afirma que o país somente não ultrapassou a produção dos EUA neste período, devido à longa estiagem que ocorreu na maioria dos estados produtores, inclusive no Mato Grosso, que atualmente é o maior produtor nacional com uma área plantada de 8,5 milhões de hectares

No Estado do Tocantins, a soja representa 68,3% de toda produção agrícola, sendo o maior produtor do grão entre os estados da região Norte. Na safra 2014/2015, atingiu cerca de 797 mil hectares em área plantada (CONAB, 2014). De acordo com a Secretaria Estadual de Agricultura, no ano de 2000, o estado produziu 262,5 mil toneladas, na safra 2014/2015, a produção aumentou para 2.245,9 mil toneladas, um crescimento de 855%.

No Tocantins a soja é cultivada amplamente em praticamente todas as regiões. As limitações de fertilidade do solo e clima têm sido contornadas ao longo do tempo com a introdução de cultivares adaptados às condições edafoclimáticas do Estado (PELUZIO, 2005). Entretanto, os longos períodos de estiagem e veranicos intensos constituem fatores de entrave a produção agrícola. Por isso, existe a necessidade da ampliação de estudos nessas condições específicas.

A produtividade e composição química dos grãos de soja são afetados por fatores genéticos e ambientais. Dentre os fatores ambientais, o déficit hídrico, aliado às altas temperaturas, influencia a produção de óleo e proteína, por meio de seus efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento da semente (HARRIS et al., 1978). Por isso, a disponibilidade hídrica é considerada o fator climático de maior efeito

sobre a produtividade agrícola, representando a condição que rege a distribuição das espécies nas diferentes zonas climáticas (LAWLOR; UPRETY, 1993).

Além disso, a literatura relata diversos trabalhos que associam respostas distintas de cultivares em relação à épocas de semeadura. Épocas diferentes, refletem ambientes com características ambientais totalmente distintas como distribuição de chuvas, temperatura e comprimento do dia.

Os programas de melhoramento buscam a seleção de genótipos com alta produtividade de grãos e elevados teores de proteína ou óleo, de acordo com os objetivos específicos de cada um. Aliado a isso, espera-se também genótipos mais tolerantes às condições adversas como estresses hídrico e altas temperaturas.

É importante ressaltar que atualmente a soja tem ganhado um novo enfoque econômico, dado pela introdução dessa commodities na cadeia do biodiesel. Nesse sentido, faz-se necessário avaliar não somente a produtividade da cultura, mas sim os aspectos que influenciam no teor e qualidade do óleo de seus grãos.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o teor e rendimento de óleo e proteína para fins industriais sob diferentes formas de manejo de irrigação em diferentes épocas de semeadura em Palmas-TO.

CAPÍTULO I

1.1 Revisão Bibliográfica

1.1.1 A cultura da Soja no Estado do Tocantins

A soja pertence à família *Leguminosae* e ao gênero *Glycine*, que compreende várias espécies, sendo a *Glycine max* (L.) Merrill a forma comercial cultivada atualmente (CARUSO, 1997). É uma planta que possui grande variabilidade genética, tanto no ciclo vegetativo como reprodutivo, influenciada também por fatores ambientais (BORÉM 2005); (GAVA, 2014).

É uma espécie de dias curtos e bastante sensível ao fotoperíodo (BOORMMAN, 2009). Em regiões de baixa latitude e/ou cultivada em épocas do ano que se caracteriza por dias de curta duração em relação a luminosidade, ocorre a antecipação da floração e a redução do porte das plantas com perdas na produtividade.

A cultura tem como exigência a faixa de temperatura ótima entre 20°C e 30°C. O crescimento vegetativo 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 (FARIAS et al., 2007), (FERRARI et al., 2015).

O Estado do Tocantins é um grande produtor de grãos, de acordo com a (CONAB, 2014), a última safra 2013/2014 atingiu 3,5 milhões de toneladas, sendo a soja responsável por 60% do total. Neste contexto, o Estado tem tido destaque cada vez maior na produção nacional de soja. Além disso, o estabelecimento da nova fronteira agrícola MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) viabilizará maior investimentos no setor com consequente aumento da produção.

Segundo Borghi et al. (2014) os principais municípios produtores no Estado trabalham com a safra de verão, uma vez que coincide com o período das chuvas. Uma exceção é a soja cultivada no período de entressafra, em condições de várzea irrigada, sob regime de sub-irrigação, na região de Formoso do Araguaia (PELUZIO,

et al., 2006).

Peluzio et al.(2005) e Santos et al. (2014) chamam a atenção para a produção de sementes na entressafra. Neste período, a ausência de chuvas, aliada à baixa umidade relativa do ar e à baixa temperatura noturna, tem possibilitado a obtenção de sementes de boa qualidade, o que é interessante do ponto de vista econômico.

Entretanto, mesmo com todo avanço da cultura no Estado, ainda existem alguns entraves à produtividade. As altas temperaturas associadas à veranicos durante a safra tem causado prejuízo aos agricultores. Neste caso, o zoneamento agrícola serve como instrumento de identificação dos municípios aptos bem como os períodos de plantio mais adequados para o cultivo da soja no Tocantins (MAPA, 2014).

1.1.2 Soja, biodiesel e proteína

A demanda por energia vem crescendo de forma sistemática, sendo que atualmente 90% de toda energia consumida no mundo é derivada de combustíveis fósseis. O esgotamento das reservas, oscilação de preços, e os impactos negativos desses combustíveis sobre o clima leva à necessidade de se buscar fontes renováveis de energia. Neste contexto, o biodiesel já é considerado uma realidade.

No Brasil, a Agência Nacional de Petróleo, gás natural e biocombustíveis (ANP) por meio da lei Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005 e pela resolução nº 45, de 2014 define biodiesel como: combustível composto de alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de matérias graxas, de gorduras de origem vegetal ou animal, e que atenda a especificação contida no Regulamento Técnico.”

Devido às variações na composição físico - química das matérias - primas utilizadas na produção do biodiesel, é necessário uma padronização que garanta que o motor a diesel tenha um bom desempenho. No Brasil, as especificações são definidas pela ANP e dizem respeito aos parâmetros de qualidade do biodiesel. Dentre eles, o mais importante é a estabilidade oxidativa.

O biodiesel pode ser utilizado puro (B100) ou misturado ao diesel em diferentes proporções, onde a mistura de 5% de biodiesel ao diesel de petróleo é

chamara B5 e assim sucessivamente. Desde 1º de novembro de 2014, foi estabelecido um aumento de 5% (B5) para 7% (B7) de biodiesel ao diesel comum. Esta regra foi estabelecida pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

A mudança de B5 para B7 pode hipoteticamente ser explicada em parte pelo aumento do custo do diesel comum em relação ao biodiesel. Segundo Dutra et al. (2014) desde 2013 vem ocorrendo um comportamento divergente.

No caso do Brasil essa alta no preço do diesel é explicada pela desvalorização da moeda brasileira frente ao dólar. Sendo assim, a elevação da mistura binária teria impactos econômicos positivos gerando divisas para o país e diminuindo a necessidade de importação de diesel. Com a autorização do governo para mudança de B5 para B7, existe uma estimativa que 2015 tenha um crescimento na produção de biodiesel de 22% em relação a 2014, ou seja, um recorde histórico (JUNIOR, 2014).

A produção de biodiesel pode ser oriunda de inúmeras oleaginosas, desde que comprovem competitividade técnica e socioambiental, garantindo a disponibilidade de matéria-prima nos períodos de maior demanda. Assim a cultura da soja se destaca para a produção de biodiesel (MARTINS et al., 2014).

Segundo a (ANP, 2015) a soja responde atualmente por 75% de todo o biodiesel produzido no Brasil. Dentre as oleaginosas utilizadas para a produção de biodiesel, a soja possui em média 20% do teor de óleo em suas sementes, ficando aquém de muitas matérias-primas. Porém, a preferência das indústrias pela soja se deve a fatores como: cadeia produtiva bem estruturada, tecnologias de produção modernas e ampla rede de pesquisas que oferece suporte técnico ao produtor, o que torna possível a produção de soja em todo o território nacional (DALL ÁGNOL, 2008).

O volume de óleo de soja utilizado na produção de biodiesel em 2014 foi de 2.365 mil toneladas. Para 2015 espera-se fechar o ano com um aumento de 18,9%, ou seja 2.811 mil toneladas, sendo assim, em média 14.795 mil toneladas de soja seriam utilizadas para produção de biodiesel neste ano (JUNIOR, 2015).

O óleo de soja é uma mistura de ácidos graxos, sendo composto por 15% de ácidos saturados e 85% de ácidos insaturados. Dentre os ácidos graxos saturados, há o predomínio do ácido palmítico (C16:0), seguido pelo ácido esteárico (C18:0); e

dentre os ácidos graxos insaturados, há o predomínio do ácido linoléico (C18:2), seguido pelos ácidos oleico (C18:1) e linolênico (C18:3) (MANDARINO et al., 2005).

Os ácidos graxos presentes no óleo é que determinam as propriedades finais do biodiesel, uma vez que apresentam diferenças quanto ao tamanho da cadeia hidrocarbônica, no número e na posição das duplas ligações (LIMA e PELUZIO, 2014).

Um óleo adequado para a produção do biodiesel deve ser rico em ácidos graxos de cadeia longa e com baixo nível de insaturação. Tais características determinam a estabilidade do produto (PINTO et al., 2005). Por isso, o biodiesel produzido a partir de ácidos graxos saturados apresenta melhor estabilidade oxidativa, levando ao controle do padrão de identidade e qualidade da matéria-prima para a produção do biocombustível a partir dos ácidos graxos que a compõe (LIMA e PELUZIO, 2014).

Atualmente os programas de melhoramento têm sido voltados para aumentar o teor e rendimento de proteínas no grão, dado à ampla utilização da soja como fonte proteica animal e humana. Na alimentação humana, a maior procura deve-se, principalmente, ao elevado teor de proteína, benefícios à saúde e teores elevados de aminoácidos essenciais. Na alimentação animal destaca-se também pelo elevado teor de proteína e composição em aminoácidos essenciais.

Todavia, devido à importância da soja na cadeia produtiva dos biocombustíveis é possível que os programas de melhoramento sejam direcionados para o desenvolvimento de cultivares com alto teor de óleo.

Nesse sentido a Universidade Federal do Tocantins por meio do programa de pós graduação em Agroenergia (PPGA) busca o desenvolvimento e aperfeiçoamento de sistemas de produção e técnicas de melhoramento vegetal em pesquisas que visam o aumento de produtividade e eficiência de culturas utilizadas para a produção de biocombustíveis, como a soja. A agroenergia coloca-se como alternativa econômica e ambientalmente viável, sendo responsável para propiciar a transição adequada para uma matriz energética com maior participação de energias renováveis e mais limpas.

Dessa forma, o PPGA tem como objetivos gerais desenvolver, aprimorar e difundir conhecimentos de técnicas de produção de culturas bioenergéticas, de

processos de obtenção de biocombustíveis, principalmente para as regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil.

1.1.3 Biossíntese de lipídeos e proteínas

Os organismos vegetais possuem a capacidade de fixar dióxido de carbono e transformá-los em outros compostos por meio da fotossíntese. Na respiração ocorre a degradação desses compostos com produção de energia, esqueletos de carbono e assimilados para a síntese de outros componentes celulares como proteínas e lipídeos.

Com relação à produção de lipídeos pelas plantas, existem dois tipos de biossíntese, os glicerolipídeos polares que formam as bicamadas lipídicas das membranas celulares, e os triacilgliceróis que são as gorduras e óleos de reserva (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Os lipídios de reserva são formas importantes de armazenamento de carbono em muitas sementes. Na maioria das sementes, os triacilgliceróis são armazenados no citoplasma das células do cotilédono ou endosperma, em organelas chamadas de oleossomos, também conhecidas como esferossomos ou corpos lipídicos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Os lipídeos são formados a partir de ácidos graxos que são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas de 4 a 36 átomos de carbono. Em alguns esta cadeia é totalmente saturada e não ramificada, em outros contém uma ou mais insaturações (LEHNINGER et al., 1995). Na síntese de triacilgliceróis, as moléculas de ácidos graxos são unidas por ligações ésteres aos três grupos hidroxilas do glicerol.

Os ácidos graxos são sintetizados no estroma dos cloroplastos, especificamente nos plastídeos. Durante a fotossíntese são formados complexos redutores como o NADH (Nicotinamida Adenina dinucleotídeo) e acetil-CoA, esse processo envolve a condensação cíclica de unidades de dois carbonos nas quais o acetil-CoA é o precursor (LEHNINGER, 2002). A acetil-CoA por sua vez, é formada a partir de carboidratos (sacarose) dando origem ao piruvato, que serve de substrato na glicólise fechando o ciclo do acetil-CoA.

A partir daí a acetil-CoA da origem à uma enzima com 3 carbonos chamada malonil-CoA, que serve como substrato para a biossíntese dos ácidos graxos. Essa reação envolve a biotina e o consumo de ATP, fornecidos pela fotossíntese.

A inserção de carbonos no substrato malonil-CoA envolve a adição sequencial de dois átomos de carbono por ciclo, provenientes do acetil-CoA, e libera uma molécula de CO₂. Este processo sintético é catalisado por um complexo multienzimático chamado de ácido-graxo-sintase. Quando o comprimento da cadeia atinge 16 carbonos (palmitato), este abandona o ciclo e acumula-se no retículo endoplasmático como ácido graxo livre. Os ácidos graxos saturados de cadeia longa (maior que 16 átomos de carbono) são sintetizados a partir do palmitato, onde a alongação ocorre por adição de grupos acetila através da ação do sistema de alongamento dos ácidos graxos presentes no retículo endoplasmático liso (LEHNINGER et al., 1995 e TAIZ & ZEIGER, 2004).

Os ácidos graxos sintetizados nos plastídeos são em seguida utilizados para compor os glicerolípídeos das membranas celulares e os triacilgliceróis de reserva. Para que os ácidos graxos sejam convertidos em triacilgliceróis, necessita-se de dois precursores, os acil-graxos-CoA e o glicerol-3-fosfato, juntamente a vários passos enzimáticos em suas respectivas vias de biossíntese. O primeiro estágio na biossíntese dos triacilgliceróis é a acilação dos dois grupos hidroxila livres do glicerol-3-fosfato por duas moléculas de acil-graxo-CoA para liberar o diacilglicerol-3-fosfato (fosfatidato), o qual é convertido em triacilglicerol. Para isso, o fosfatidato é hidrolisado pela fosfatidato-fosfatase para formar um 1,2-diacilglicerol, o qual posteriormente é convertido em triacilglicerol por transesterificação com um terceiro acilgraxo-CoA (LEHNINGER et al., 1995).

Em sementes oleaginosas a bioquímica de síntese de triacilglicerol nos plastídeos são exportados como CoA tioésteres, para compor os lipídeos de reserva no retículo endoplasmático. (TAIZ e ZEIGER, 2002).

Além das propriedades estruturais e reservas de energia na célula, os lipídeos desempenham funções importantes como precursores de compostos sinalizadores intracelulares ou de longa distância. Esses precursores são importantes porque ativam sistemas de defesa na planta para resistir ou tolerar condições abióticas adversas. Um exemplo de como isso ocorre é na liberação de

cálcio no citoplasma durante o estresse hídrico. O cálcio é responsável pela condutância estomática nas células-guarda, portanto condições abióticas como a descrita, promove a redução da condutância estomática via canais de cálcio, até que uma condição mais favorável se estabeleça. Essas respostas são sinalizadas por vários grupos de lipídeos na célula (SCHROEDER et al., 2001).

A biossíntese de proteínas na célula vegetal ocorre em três locais diferentes, no citosol, no estroma dos cloroplastos e na matriz mitocondrial. Para que ocorra a síntese proteica, inicialmente é necessário a liberação de produtos da fotossíntese e dos substratos da respiração (glicólise). A síntese de proteínas, é um processo chamado de tradução que necessita de moléculas de RNA transportador (tRNA), RNA mensageiro (mRNA), enzimas ativadoras, fatores de iniciação, além dos ribossomos (BELTRÃO e OLIVEIRA, 2007).

Inicialmente, ocorre a formação de um aminoacil-tRNA (aminoácido ligado ao RNAt) com posterior ativação de um aminoácido a partir de ATP fornecido pela fotossíntese. Em seguida, a transferência da aminoacila do aminoacil e uma molécula de tRNA para formar aminoacil-tRNA, o intermediário ativado na síntese de proteína. Essa reação de ativação, que é análoga à ativação de ácidos graxos, é impelida por ATP. A diferença entre essas duas reações é que o acceptor de acila é o CoA na primeira e o tRNA nesta última. As aminoacil-tRNAs sintetases são altamente seletivas em seu reconhecimento do aminoácido a ser ativado e do tRNA acceptor (LEHNINGER, 2002).

Após a ativação do aminoácido, ocorre a ligação de subunidades ribossômicas para formar um complexo de iniciação. Nesta etapa o mRNA que contém o código para o polipeptídeo a ser sintetizado liga-se à menor das duas subunidades ribossômicas e ao aminoacil-tRNA de iniciação. O aminoacil-tRNA de iniciação faz par com o códon AGU, de forma específica para o resíduo de metionina do mRNA, que sinaliza o início da cadeia polipeptídica.

Na sequência ocorre o alongamento da cadeia polipeptídica ao complexo de iniciação, e um conjunto de três proteínas citosólicas solúveis de alongamento. As etapas são necessárias para adicionar cada resíduo de aminoácido e são repetidas tantas vezes quantos forem os resíduos a serem adicionados. O alongamento continua até que o ribossomo adicione o último aminoácidos codificado pelo mRNA.

A finalização é sinalizada pela presença de um dos três códons de terminação do mRNA, que se segue imediatamente ao último aminoácido codificado.

Por fim, as cadeias polipeptídicas sofrem enovelamento e processamento. A cadeia polipeptídica nascente é enrolada e processada na sua forma biologicamente ativa, com a formação apropriada de pontes de hidrogênio e das interações de van der Waals, iônicas e hidrofóbicas. Dessa forma, a mensagem genética linear e unidimensional do mRNA é convertida na estrutura tridimensional da proteína. As proteínas sintetizadas destinadas ao citosol simplesmente permanecem onde foram sintetizadas. Proteínas precursoras, destinadas às mitocôndrias ou aos cloroplastos, possuem seqüências sinalizadoras que estão presentes no amino-terminal de um polipeptídeo recém-sintetizado, que são ligado por proteínas chaperonas citosólicas.

Os precursores são entregues aos receptores na superfície externa da organela alvo e depois a um canal protéico, que usualmente atravessa as membranas interna e externa da organela. A translocação através do canal é facilitada pela hidrólise de ATP ou GTP e, em alguns casos, por um potencial eletroquímico transmembrana. Dentro da organela, a seqüência sinalizadora do precursor é removida, e a proteína madura é enrolada (LEHNINGER, 2002).

É importante destacar dentro da síntese proteica, existe um grupo especial de proteínas conhecidas como proteínas de choque térmico (Hsp – Heat Shock Proteins). As Hsp fazem parte de um grande grupo proteico conhecidas como chaperonas moleculares, assim chamadas por possuir a capacidade de interagir de forma reversível com outras proteínas, auxiliando na formação, dobramento e transporte trans-membranas (KARP, 2005).

Essas proteínas são responsáveis pela proteção da planta em condições de estresses bióticos e/ou abióticos, como por exemplo as altas temperaturas e o déficit hídrico. No aumento de temperatura, estresse osmótico ou oxidativo, os níveis de Hsp são aumentados, auxiliando, desta forma, a síntese e maturação de novas proteínas que irão substituir aquelas afetadas pelo estresse metabólico (BUKAU & HORWICH, 1998). As Hsp também fornecem subsídio às células para identificar e facilitar o redobramento de proteínas danificadas ou destiná-las a um sistema proteolítico adequado, facilitando a eliminação de proteínas cujos danos não são passíveis de restauração (MEYER & BUKAU, 2005).

Um exemplo é o que ocorre durante o déficit hídrico. Nesta condição, o enovelamento pode ocorrer de forma desordenada na célula. Neste caso, essas proteínas enoveladas incorretamente são destruídas pela Hsp para que o processo prossiga em condições normais.

É importante destacar que a síntese proteica exige um gasto energético muito grande, dessa forma, tem maior demanda por assimilados como os esqueletos de carbono fornecidos pela sacarose via glicólise (KELLING e FIXEN, 1992).

1.1.4 Déficit Hídrico na cultura da soja

A soja é uma espécie de dias curtos e bastante sensível ao fotoperíodo (BOORMMAN, 2009). Em regiões de baixa latitude e/ou cultivada em épocas do ano que se caracteriza por dias de curta duração em relação a luminosidade, ocorre a antecipação da floração e a redução do porte das plantas com perdas na produtividade.

A classificação dos estádios de desenvolvimento da cultura da soja proposto por Fehr e Caviness (1977) é utilizada para descrever como a planta se desenvolve. Essas informações possibilitam saber em qual fase de desenvolvimento a planta é mais suscetível. Com isso, torna-se possível formular estratégias de manejo da cultura, como na aplicação de insumos e na irrigação. É importante destacar que cada estágio de desenvolvimento da cultura tem uma exigência hídrica e nutricional específicas.

Esse sistema divide o estágio fenológico da cultura em estágio cotiledonar (VC) e estágio vegetativo (VE), que vai da germinação até o período que antecede a floração, e estágio reprodutivo (R), que tem início com a floração até o final do ciclo.

A exigência hídrica da cultura durante o ciclo varia de 450 a 800 mm dependendo de fatores como clima, manejo e variedade. A soja atinge a máxima exigência hídrica nas fases de floração e enchimento dos grãos (7 a 8 mm dia⁻¹) (EMBRAPA, 1999). O estresse hídrico nestes períodos pode ocasionar problemas fisiológicos e consequente redução de produtividade (GAVA, 2014).

A disponibilidade hídrica é considerada o fator climático de maior efeito sobre a produtividade agrícola (LAWLOR, UPRETY, 1993). O déficit hídrico afeta

uma série de características na planta, tais como rendimento de grãos, teor de óleo e proteínas, que podem sofrer variações em função da variedade e condições ambientais. Contudo, os mecanismos que comandam a interação genótipo x ambiente ainda não são bem esclarecidos.

De modo geral as plantas possuem dois mecanismos de adaptação à condições de seca que pode ser por fuga ou tolerância (COSTA et al., 2008). A fuga consiste na planta completar o seu ciclo vital antes que os tecidos atinjam um déficit hídrico de magnitude que possa afetar seu crescimento normal, antecipando o ciclo (SANTOS et al., 2011).

Dentre os mecanismos de tolerância ao estresse hídrico, variações das respostas fisiológicas e bioquímicas bem como estratégias de crescimento têm sido comparadas e discutidas em relação a características de tolerância de plantas à deficiência hídrica (VALENTE, 2008).

De modo geral, a soja pode ser considerada uma cultura tolerante à deficiência hídrica, possui período de floração longo, permitindo que escape de secas de curta duração, compensando a perda de flores ou vagens com o aparecimento de flores tardias em condições mais adequadas (MOTA, 1983) e (GAVA, 2014). Estudos apontam que a soja consegue manter-se em desenvolvimento com valores de umidade gravimétrica em torno de 50% da água disponível no solo. Vale destacar que o efeito da deficiência hídrica na produção vai depender da época de ocorrência e de sua severidade (FERRARI et al., 2015).

Quando a planta entra em condição de déficit hídrico, vários eventos são desencadeados em resposta à nova condição. Alterações morfológicas manifestam-se em: antecipação da senescência; abscisão das folhas; redução da parte aérea; sementes esverdeadas e de menor vigor. Também pode ocorrer redução do potencial osmótico, fechamento estomático e queda na taxa fotossintética, inibindo vários processos bioquímicos, fisiológicos e moleculares (HONG-BO, 2008).

A redução do potencial osmótico e da turgescência celular ou a concentração de solutos altera a conformação de proteínas da parede celular e da membrana plasmática da célula vegetal, ativando rotas de transdução de sinais que dão lugar à expressão de determinados genes, transformando o fenômeno físico do déficit hídrico em uma resposta bioquímica (BRAY et al., 2001).

Muitos processos fisiológicos são ativados por variações no conteúdo de água nos tecidos, outros são acionados por hormônios que sinalizam variações hídricas (VALENTE, 2008).

Um importante sinalizador é o ácido abscísico (ABA), hormônio responsável pela dormência de sementes que também tem atuação durante o estresse hídrico em plantas de soja. Nesta condição, os níveis de ABA na célula são elevados, fazendo com que aumente a produção de compostos conhecidos como chaperonas, que irão desempenhar papel protetor durante o déficit hídrico (TAIZ e ZEIGER 2006).

Um exemplo de como esse mecanismo funciona é na síntese proteica. A falta de água promove o enovelamento incorreto da sequência de polipeptídios para formação da proteína no retículo endoplasmático. Para que não ocorra intoxicação com consequente morte celular, as proteínas anormais são destruídas por uma chaperona conhecida como *binding protein* (BiP). BiP é uma proteína de choque térmico multifuncional envolvida em diversos processos celulares, e neste caso, exerce papel fundamental na proteção ao estresse hídrico em plantas de soja (ODA et. al., 2003), (VALENTE, 2008).

Lobato et al. (2008), avaliaram o comportamento bioquímico da soja submetida a seis dias de estresse hídrico no início da fase reprodutiva e observaram uma redução de 20% no nível total de proteínas solúveis.

Outro aspecto importante associado ao déficit hídrico é a temperatura. Pípolo (2002) observou alterações na disponibilidade de nitrogênio para os grãos e, conseqüentemente, no teor de proteínas. Hungria e Vargas (2000) constataram que o estresse hídrico associado às altas temperaturas afeta a sobrevivência do *Bradyrhizobium*, bactéria responsável pela fixação biológica de nitrogênio.

A quantidade de nitrogênio absorvido durante o ciclo da planta exerce influência importante na determinação do teor protéico do grão. Kelling e Fixen (1992) relatam que as sínteses de proteína e outros compostos como amido e lipídeos competem por fotossintetizados durante o período de enchimento de grãos e quando a necessidade de nitrogênio para o rendimento é satisfeita, o mesmo é usado para aumentar a concentração de proteína. Desta forma, quando falta nitrogênio, os fotossintetizados que seriam convertidos em proteínas são usados na síntese de lipídeos.

É importante considerar que o teor de proteína apresenta correlação alta e negativa com o óleo nos grãos de soja (BURTON, 1984) e (SEDIYAMA, 1996). Essa correlação negativa parece impor limitações à seleção de genótipos que combinem características favoráveis para os dois atributos (RIBEIRO, 2011). Por isso, condições que reduzam a síntese proteica na célula, parecem favorecer a síntese de óleo. Outro fator que pode explicar esse antagonismo entre os teores de óleo e proteína é a competição por esqueletos de carbono durante a biossíntese desses compostos. Na falta de água ocorre uma remobilização de carbono na planta, favorecendo a síntese de óleo (PÍPOLO, 2002).

Além disso, a síntese proteica na célula vegetal é um processo complexo que ocorre em várias etapas e locais distintos (BELTRÃO e OLIVEIRA, 2007). Dessa forma, variações ambientais que ocorram em qualquer uma das etapas de formação podem impedir que a proteína seja corretamente formada, interrompendo o processo e favorecendo a síntese de óleo e outros compostos. Assim, de modo geral, o déficit hídrico tende a favorecer a síntese de óleo a medida que reduz a competição por carbono entre a proteína.

1.1.5 Cultivares

A tecnologia RR, possui uma característica que torna a soja tolerante ao herbicida à base de glifosato, por meio da transferência de genes (transgênicos). Esse herbicida é usado para dessecação pré e pós-plantio, conhecido por sua eficiência no controle de plantas daninhas. Essa tolerância faz com que o agricultor possa aplicar apenas esse herbicida sobre a soja, reduzindo assim, o número de aplicações. Atualmente, 90% da soja plantada no Brasil é RR.

As cultivares TMG132RR e TMG1288RR têm sido produzidas com sucesso no cerrado. Ambas são consideradas como pioneiras, sendo tolerantes à solos de baixa fertilidade. Para o estado do Tocantins, a data de semeadura ideal indicada para as duas cultivares, corresponde aos meses de outubro a final de novembro, ou seja, início das chuvas, sendo que a semeadura realizada no início de dezembro é bem tolerada.

Trabalhos desenvolvidos por Lima e Peluzio (2015) com a cultivar

TMG1288RR no Tocantins, em época recomendada de semeadura, obtiveram uma produtividade média de 850 kg ha⁻¹ de óleo. Neiva et al (2013), obtiveram uma produtividade de grãos de 1793,33 kg ha⁻¹ e 2516,0 kg ha⁻¹ para as cultivares TMG132RR e TMG1288RR respectivamente.

Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO E GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Superintendência de refino, processamento de gás Natural e produção de biocombustíveis: Boletim mensal do biodiesel**, 10 p Março de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO E GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP): **Aquisição de biodiesel por distribuidor para formação de estoque operacional**. 9p, 2010.

BELTRÃO, N.E.DE M; OLIVEIRA, M.I.P. **Biossíntese e Degradação de Lipídios, Carboidratos e Proteínas em Oleaginosas**. 61p. Embrapa Algodão. Documentos 178. Campina Grande, 2007.

BORGHI, E.; CAMPOS, L.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E.S.O; AVANZI, J. Produção de soja no Estado do Tocantins: Percepções iniciais sobre o sistema produtivo. XXXIV Reunião de pesquisa de Soja - Londrina/PR **Resumos**. Embrapa Soja, p.18 – 20, 2014.

BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa. Ed. UFV, 2005. 969 p.

BORRMANN, D. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabólitos incolores**. 125P Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo- São Paulo, 2009.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stress. In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. (Ed.). *Biochemistry & molecular biology of plants*. **American Society of Plant Physiologists**, p. 1158-1203, 2001.

BUKAU, B. and HORWICH, A.L. The Hsp70 and Hsp60 chaperone machines. **Cell**, vol. 92, p. 351-366, 1998.

BURTON, J.W. **Breeding soybeans for improved protein quantity and quality**. **World soybean research conference**. Proceedings. Boulder : Westview, 1984. p.361-367.

CARUSO, R. **Soja – Uma caminhada sem fim**. Fundação Cargill: Campinas, 1997, 95p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO(CONAB) Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: janeiro de 2015.

COSTA,R.C.L.; LOBATO, A.K.S.; OLIVEIRA NETO,C.F.; MAIA,P.S.P.; ALVES,G.A. R.; LAUGHIGHOUSE IV,H.D. Biochemical and physiological responses in two *Vigna unguiculata* (L.) Walp. cultivars under water stress. **Agronomy Journal**, Madison,

v.7, p.98- 101, 2008

DUTRA,R.,C.,D.,MOURA,B.V.; BRANDÃO,F.,B. VALÉRIO, D. a Evolução dos preços do diesel e do biodiesel no Brasil: consequências econômicas da alteração da mistura obrigatória. Rio Oil & Gas Expo and Conference **Anais**, Rio de Janeiro, Brasil 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Composição química média da soja em grão**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: janeiro de 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FARIAS, J.R.B. et al. **Ecofisiologia da Soja**. Londrina: Embrapa CNPSO, 2007. 9p.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.

FERRARI, E.;PAZ,A.,SILVA,A.C. Déficit Hídrico no Metabolismo da Soja em Semeaduras Antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 3, p. 67-77, Pesquisas Agrárias e Ambientais, 2015.

GAVA, R. **Os efeitos do estresse hídrico na cultura da soja (*Glycine Max*, (L.)Merril.)** 128p Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

HARRIS,H.C.; McWilliams,J.R.; MASON,W.K. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.29, n.3, p.1203-1212, 1978.

HONG-BO, S. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v.331, p 215-225, 2008.

HUNGRIA,M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v. 65, p.151-164, 2000.

JUNIOR, Flávio Roberto de França. **A produção de biodiesel no Brasil**. Disponível em: <<http://www.noticiasagricolas.com.br/artigos/artigos-principais/148855-a-producao-de-biodiesel-no-brasil-por-flavio-franca-jr.html#.Ve69QNJVikp>> Acesso em: 08 de 2015.

KARP, G. **Biologia celular e molecular: conceitos e experimentos**. 3 ed. São Paulo: Manole, 2005.

KELLING, K.A.; FIXEN, P.E. Soil and nutrient requirements for oat production. In: MARSHALL, H.G.; SORRELIS, M.E. (Eds). **Oat science and technology**.

Madison : ASA/CSSA (Agronomy, 31), 1992. Cap.6. p.165-190

LAWLOR, D.W.; UPRETY,D.C. **Effects of water stress on photosynthesis of crops and the biochemical mechanism.** Abrol YP, Mohanty P, Govinjee, eds. Photosynthesis: photoreactions to plant productivity. New Dehli: Oxford and IBH Publishing Co. PVT. Ltd v.1, p.419-449, 1993.

LIMA, M.,D.;PELUZIO, J, M. Dissimilaridade genética em cultivares de soja com enfoque no perfil de ácidos graxos visando produzir bicomcombustível. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias.** v10 p 256-261, 2015.

LEHNINGER, A. L.; NELSON D. L. **Princípios de Bioquímica.** New York: Sarvier, 1995.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios da bioquímica.** 3.ed. São Paulo: Sarvier, 2002, 975p.

LOBATO, A.K.S.; OLIVEIRA NETO, C.F.; SANTOS FILHO, B.G.; COSTA,R.C.L.; CRUZ,F.J.R; NEVES, H.K.B.; LOPES, M.J.S. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. **Australian Journal of Crop Science,** Amsterdam, v.2, p.25-32, 2008.

MANDARINO, J.M.G.; ROESSING,A.C.; BENASSI,V. de T. **Óleos - alimentos funcionais.** Embrapa soja, londrina, 91p 2005.

MARTINS,C.; ANDRADE,P.P. Produção de biodiesel no Brasil: estratégia de sustentabilidade social, econômica e ambiental. **Sustainable Business International Journal,** v 40 p 12-16, 2014.

MEYER, M.P; BUKAU, B. Hsp70 Chaperones: Cellular functions and molecular mechanism. **Cellular and Molecular Life Sciences,** v. 62, p. 670-684, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Projeções do Agronegócio: Brasil 2011/2012 a 2021/2022** Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília 2012 76 p

PÍPOLO, A. E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteínas e óleo em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill).**128p Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PELUZIO, J.M.; ALMEIDA JUNUOR, D.; FRANCISCO, E.R.; FIDELIS, R.R.; RICHTER, L.H.M.; RICHTER, C.A.M.; BARBOSA, V.S. Comportamento de cultivares de soja no Sul do Estado do Tocantins. **Bioscience Journal.** Uberlândia, MG. v.1, p. 113-117, 2005.

ODA Y.; HOSOKAWA N.; WADA I.; NAGATA K. EDEM as an acceptor of terminally misfolded glycoproteins released from calnexin. **Science,** v. 299, p.1394-1397, 2003.

RIBEIRO, K.O. **Caracterização de germoplasma de soja quanto aos teores de proteína, óleo e ácidos graxos** 2011 145 p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

SANTOS, M.C.S. Comportamento de clones de *pennisetum* submetidos a períodos de restrição hídrica controlada. **Arch. zootec.**, v.6, p.31-39, 2011.

Schroeder, J.I, Allen GJ, Hugouvieux V, Kwak JM, Waner D..Guard cell signal transduction. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 52:627–658. 2001

SEDIYAMA, T. et al. **Cultura da soja: II parte**. Viçosa: UFV, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia do estresse**. In: **Fisiologia vegetal**. Trad. Santarém et al. São Paulo: Artmed, 2006.

VALENTE, M.; A.S. **A proteína Bip exerce função protetora contra o déficit hídrico em plantas de soja**. 112p Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2008.

CAPÍTULO II

Efeito do déficit hídrico e épocas de semeadura sobre os teores e rendimentos de óleo e proteína em cultivares de soja no Tocantins

Effect of drought and sowing time on content and oil and protein yields in soybean cultivars in Tocantins

Alessandra Maria de Lima NAOE¹, Joênes Mucci PELUZIO², Flávia Lucila TONANI de Siqueira³, Waldesse Piragé de OLIVEIRA JUNIOR⁴

1 Universidade Federal do Tocantins. alima@uft.edu.br

2 Universidade Federal do Tocantins: joenesp@uft.edu.br

3 Universidade Federal do Tocantins: flaviatonani@uft.edu.br

4 Universidade Federal do Tocantins: waldessejunior@uft.edu.br

Resumo

A composição química dos grãos de soja é determinada por fatores genéticos e ambientais. A disponibilidade hídrica, aliada à época de semeadura, são fatores ambientais de maior impacto na produção e definição da qualidade dos grãos. Objetivou-se neste estudo avaliar o teor e rendimento kg há⁻¹ de óleo e proteína em grãos de soja, submetidos à déficit hídrico em duas épocas de semeadura (10/07 e 10/12/2014). Em cada época de semeadura, foi realizado um experimento em casa de vegetação na Universidade Federal do Tocantins, município de Palmas. O delineamento experimental utilizado em cada experimento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2 com quatro repetições, representado por quatro sistemas de manejo (déficit hídrico nas fases de floração, enchimento do grão e maturação e sem déficit hídrico) e duas cultivares (TMG132RR e TMG1288RR). Os sistemas de manejo foram impostos com variações de 30% (déficit hídrico) a 70% (sem déficit hídrico) da água disponível no solo. Foi observado que os sistemas de manejo de irrigação e épocas de semeadura afetaram o rendimento de óleo e proteína. As épocas de semeadura tiveram maior influência nos teores de óleo e proteína do que os sistemas de manejo de irrigação. Os maiores teores de óleo e proteína foram observados na primeira e segunda épocas de semeadura respectivamente. A floração e o enchimento de grãos foram mais sensíveis ao déficit

hídrico. As cultivares de soja avaliadas apresentaram resposta similar quanto ao déficit hídrico.

Palavras – chave: irrigação, manejo, água disponível, temperatura, estresse.

Abstract

The chemical composition of the soybeans grain is determined by genetic and environmental factors. The water availability, coupled with sowing, are environmental factors with the greatest impact in the production and definition of the quality of grain. The aim of this study was to evaluate the content and yield kg^{-1} for oil and protein in soybeans, submitted to water deficit in two sowing seasons (10/07 and 10/12/2014). In each sowing time, an experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of Tocantins, Palmas municipality. The experimental design used in each experiment was completely randomized in a 4x2 factorial design with four replications, represented by four management systems (water deficit in the flowering stage, grain filling and maturation and without water deficit) and two cultivars (TMG132RR and TMG1288RR). The management were imposed systems with variations of 30% (water deficit) to 70% (without water deficit) of available soil water. It was observed that the irrigation management systems and sowing dates affected the yield of oil and protein. Sowing dates had the greatest influence on levels of oil and protein than irrigation management systems. The highest levels of oil and protein were observed in the first and second sowing dates respectively. The evaluated soybean cultivars showed similar response as the water deficit.

Keywords: irrigation, management, available water, temperature, stress.

Introdução

O grão da soja possui em média 40% de proteína e 20% de óleo e esses teores correlacionam-se negativamente (RODRIGUES et al., 2010). De acordo com Veiga et al. (2010) a composição química do grão pode variar em função de fatores genéticos e ambientais. Dentre os fatores ambientais, a disponibilidade hídrica, associado às épocas de semeadura, são considerados de maior impacto na produção e qualidade dos grãos.

A água representa em média 90% do peso da planta de soja, atuando em todos os processos fisiológicos e bioquímicos durante o ciclo, por isso, a disponibilidade hídrica no solo é fator determinante para o seu desenvolvimento (MORANDO et al., 2014).

Estudos comprovam que o período reprodutivo da soja é o de maior demanda hídrica, sendo mais sensível à variações de água no solo. A necessidade máxima de água ocorre na floração e enchimento do grão. Déficits hídricos expressivos durante esses estádios provocam alterações fisiológicas na planta, causando a queda prematura de folhas e flores, abortamento de vagens e má qualidade do grão (EMBRAPA, 1999).

Outro aspecto importante associado ao déficit hídrico é a temperatura. Pípolo (2002) observou alterações na disponibilidade de nitrogênio para os grãos e, conseqüentemente, alteração no teor de proteínas em temperaturas elevadas. A soja adapta-se melhor à temperaturas do ar entre 20°C e 30°C, temperaturas acima dessa faixa afetam a sobrevivência do *Bradyrizobium*, bactéria responsável pela fixação biológica de nitrogênio, reduzindo a síntese proteica (HUNGRIA, VARGAS 2000).

Além disso, altas temperaturas associadas à déficit hídrico interferem na competição por carbono biossintético, alterando rotas importantes na biossíntese de óleo e proteína (PÍPOLO, 2002). Há estudos na literatura demonstrando que nestas condições ocorre aumento no teor de óleo nas sementes devido à floração e maturação precoces, e, principalmente quando a temperatura se eleva durante o enchimento da vagem (SEDIYAMA, 1993) e (MARQUES et al., 2008).

Albrecht et al. (2008) observaram teores médios de óleo e proteínas em sementes de soja de 29,39% e 29,76%, respectivamente. Segundo os autores, essa variação ocorreu provavelmente em função das altas temperaturas associadas à pouca chuva ocorrida durante a fase reprodutiva da cultura.

O aumento no teor de óleo nas sementes tem se tornado interessante para a indústria devido à inserção do biodiesel na atual matriz energética. Segundo a (ANP, 2015), atualmente a soja responde por 75,57% de todo o biodiesel produzido no Brasil, por isso, estudar fatores que favoreçam a biossíntese de óleo nas sementes é importante.

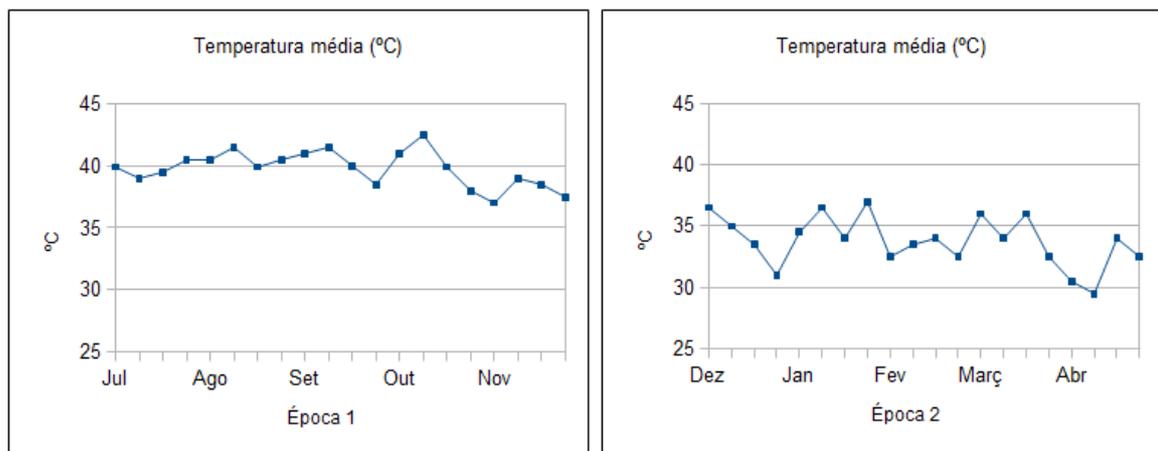
O presente trabalho teve por objetivo avaliar o teor e rendimento de óleo e proteína de grãos de soja submetidos a déficit hídrico em diferentes estádios reprodutivos em duas épocas de semeadura, no estado do Tocantins.

Material e Métodos

Em 2014, sob condições de casa de vegetação, foram conduzidos dois experimentos, sendo um instalado em 10/07/14 e outro em 10/12/15, na Universidade Federal do Tocantins, município de Palmas. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima nessa região é do tipo tropical úmido com estação seca (Aw) bem definida no inverno, o que contribui para as altas temperaturas na região. A evapotranspiração potencial média anual é de 1.500 mm, apresentando temperatura e precipitação média anuais de 27,5° C e 1600 mm respectivamente (INMET, 2009)

As temperaturas médias registradas na casa de vegetação durante a condução dos experimentos pode ser observada na figura 1.

Figura 1: temperaturas médias em graus celsius registradas na casa de vegetação no período do experimento (2014/2015) para as épocas 1 e 2.



Delineamento Experimental

Em cada experimento, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado representado por oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos

foram dispostos em esquema fatorial 4x2, sendo duas cultivares de soja (TMG132RR e TMG1288RR) e quatro manejos de irrigação. As cultivares foram escolhidas pelo bom desempenho no cerrado, sendo historicamente, já cultivadas em várias regiões edafoclimáticas semelhantes ao Tocantins. A casualização foi feita semanalmente, com a alternância dos vasos, garantindo a uniformidade das condições.

Os manejos de irrigação foram divididos em: DHF (déficit hídrico na floração R1 - R3), DHE (déficit hídrico no enchimento do grão R4 – R5.5), DHM (déficit hídrico na maturação R6 - R7) e IN (irrigação normal/testemunha).

Condução do experimento

Foi realizada a semeadura das cultivares em vasos de polietileno com capacidade volumétrica de oito litros com 23 cm de diâmetro. Após a emergência, foi feito o desbaste visando obter duas plantas/vaso. As plantas, de cada vaso, foram identificadas com placas numéricas

O solo utilizado nos experimentos pertence à classe dos latossolos vermelho-amarelo distrófico, de textura arenosa e foi coletado em área agrícola do Centro Agrotecnológico de Palmas. As coletas foram feitas nos 30 cm do perfil inicial. Cada vaso recebeu adubação de 1,2g de P_2O_5 e 0,67g de K_2O

Durante todo o período vegetativo, as plantas de todos os vasos, independentemente do manejo de irrigação, receberam o mesmo volume de água. A diferença no manejo de irrigação entre os tratamentos teve início a partir da fase reprodutiva, quando os tratamentos foram submetidos a manejos de irrigação com variações de 30% a 70% da água disponível no solo.

O primeiro manejo DHF, foi mantido com uma variação de até 30% da água disponível no solo. Foi considerado o início da floração quando 50% das plantas apresentaram pelo menos um botão floral. Ao final da floração, essas unidades retornaram à condição de irrigação normal, e seguiram até o final do ciclo.

De forma semelhante, no manejo DHE, as plantas foram submetidas ao déficit hídrico com variação de até 30% de AD e após esse período, retornaram à irrigação normal. No tratamento DHM (déficit hídrico na maturação R6 - R7), as

plantas foram submetidas à restrição hídrica e seguiram com déficit até o final do ciclo.

Para o último manejo IN, as plantas foram mantidas sob condições de irrigação sempre superior a 70% da água disponível no solo, sem restrição hídrica durante todo o ciclo da cultura. A tabela 1 ilustra a distribuição do manejo nos diferentes estádios reprodutivos

Tabela 1: Distribuição dos manejos nos estádios reprodutivos

Manejo	Estádio	AD (%)
DHF	R1 a R3	$AD \leq 30$
DHE	R4 a R5.5	$AD \leq 30$
DHM	R6 a R7	$AD \leq 30$
IN	Testemunha	$AD \geq 70$

R1 a R3: floração, R4 a R5.5: enchimento do grão, R6 a R7: maturação. AD: água disponível no solo.

O controle de pragas, doenças e ervas daninhas foram realizados à medida que se fizeram necessários

Os vasos foram abrigados em casa de vegetação para evitar interferências por precipitações e umidade noturnas, também foram dispostos sobre tabladros de madeira evitando a retenção de umidade proveniente do contato direto com o solo.

Capacidade de campo e densidade do solo

A determinação da capacidade de campo foi realizada *in situ* com adaptação de metodologia (EMBRAPA, 1997).

Os vasos preenchidos com o solo foram saturados durante 24 horas até que o volume de água atingisse 1/3 da borda. Logo após a drenagem livre, os vasos foram cobertos com filme plástico para evitar perdas por evaporação. Na sequência realizaram-se pesagens em intervalos de 0, 24 e 48 horas até que não houvesse variação significativa de peso. A estabilização do peso ocorreu em 48 horas. Neste momento foi considerada a capacidade de campo e determinou-se a umidade gravimétrica. O cálculo da densidade aparente do solo foi realizado conforme recomendações da Embrapa (1997).

Ponto de Murcha Permanente e Água Disponível

O Ponto de murcha permanente foi determinado pelo método fisiológico utilizando três unidades experimentais (vasos). Quando as plantas atingiram o estágio vegetativo V5 (plantas com 5 nós com folhas e folíolos desdobrados) realizou-se o desbaste, permanecendo uma planta por vaso. A partir de V5, os vasos começaram a receber volume de água sempre inferior à última pesagem e foi observado a turgescência das plantas pela manhã. O Ponto de murcha permanente foi considerado quando as plantas não recuperaram a turgescência no período noturno, neste momento determinou-se a umidade gravimétrica (EMBRAPA, 1997).

A água disponível do solo foi calculada pela diferença entre a capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

Manejo da Irrigação (MI)

A manutenção das condições de regime hídrico imposto aos tratamentos foi estabelecida utilizando o balanço hídrico por meio da pesagem diária dos vasos. A reposição do volume de água perdido por evapotranspiração era reposta de modo a atingir o peso do vaso para cada condição pré-determinada. Assim, a diferença entre a evapotranspiração e irrigação fornecia a lâmina d'água a ser reposta para cada tratamento.

Durante os manejos com restrição hídrica, os vasos foram pesados diariamente sempre no mesmo horário. Optou-se por fixar o horário de pesagem e reposição da lâmina de irrigação no período de maior temperatura, para garantir que a evapotranspiração potencial e o estresse seriam máximos. Para que o volume de água perdido fosse reposto com maior precisão, foi utilizado proveta volumétrica graduada de 500 mL.

No manejo que não sofreu estresse por restrição hídrica (IN), a pesagem dos vasos e reposição de água também foram feitos diariamente para manter o volume acima de 70% da água disponível no solo. No entanto, foi preciso fracionar o volume de reposição para que não houvesse perdas de água e solo por drenagem na base dos vasos, por isso, nesses tratamentos a irrigação foi feita duas vezes ao

dia.

A extração e quantificação do teor de óleo nos grãos foi realizada pela metodologia Bligh e Dyer (1959). A proteína foi quantificada pelo nitrogênio total, com metodologia padrão Kjeldahl (AOAC, 1995). Posteriormente, foram determinados os rendimentos de óleo e proteína (Kg ha^{-1}), obtidos através do produto dos teores de óleo e proteína (%) pelo rendimento de grãos (Kg ha^{-1}). O rendimento de grãos foi obtido por planta, levando em consideração os componentes de produtividade, como número de vagens por planta e número de sementes por vagem.

Os dados das quatro características (teores e rendimento de óleo e proteína), de cada experimento, foram submetidos à análise de variância individual e, em seguida, a análise conjunta, nos quais o menor quadrado médio residual não diferiu em mais de sete vezes do maior quadrado médio (CRUZ & REGAZZI, 2004).

A médias foram agrupadas pelo teste de Scott Knott (1974) a 5% de significância. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR versão (5.0).

Resultados e Discussão

Análise de variância

O resumo da análise de variância conjunta para as características teor de óleo (TO), teor de proteína (TP), rendimento de óleo (RO) e rendimento de proteína (RP), encontra-se na tabela 2.

Para todas as características, foram detectados efeitos significativos para manejo de irrigação (MI) e épocas de semeadura (E). O efeito de manejo de irrigação e épocas indicam, respectivamente, a importância de realização dos experimentos em diferentes sistemas de manejo e épocas de semeadura.

Para cultivares, o efeito significativo foi detectado apenas para teor de proteína (TP) e rendimento de proteína (RP), indicando que há variabilidade genética.

A interação MI x E, foi significativa para todas as características, indicando variações no manejo de irrigação em função das épocas de semeadura. Por outro

lado, não foi detectado efeito significativo para nenhuma das características para a interação E x C, revelando comportamento similar das cultivares nas diferentes épocas de semeadura.

Foi detectado efeito significativo para a interação MI x C para todas as características, excetuando o TO, indicando que as cultivares se comportam diferentemente em função dos manejos de irrigação.

Para a interação tripla MI x E x C, foi observado efeito significativo apenas para TO e TP. A significância desta interação indica que as cultivares se comportam de modo diferencial frente aos diferentes manejos de irrigação e épocas de semeadura sendo, assim, realizados os desdobramentos.

Tabela 2: Análise de variância conjunta referente aos teores(%) e rendimento em (kg ha⁻¹) de óleo e proteína de duas cultivares de soja produzidas em duas épocas sob quatro formas de manejo de irrigação.

FV	GL	QM			
		TO%	TP%	RO kg ha ⁻¹	RP kg ha ⁻¹
R(E)	6	4,21 ^{ns}	0,60 ^{ns}	2844,59 ^{ns}	50763,04 ^{ns}
MI	3	154,08*	38,29*	372234,50*	909007,10*
E	1	2450,86*	1807,10*	663210,71*	676043,60*
C	1	5,83 ^{ns}	286,45*	8151,38 ^{ns}	255542,88*
MlxE	3	137,90*	24,33*	112830,94*	464732,58*
MlxC	3	19,76 ^{ns}	45,44*	21378,11*	152671,28*
ExC	1	2,92 ^{ns}	3,46 ^{ns}	25643,21 ^{ns}	77249,25 ^{ns}
MlxExC	3	41,80*	14,05*	14366,55 ^{ns}	204465,90 ^{ns}
Resíduo	42	5,7	0,96	6998,49	3289,7,15
CV%		8,7	3,1	14,4	16,4

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ns - Não significativo. R: repetição; E: época; MI: manejo de irrigação; C: cultivar; CV: coeficiente de variação.

Os coeficientes de variação (CV) variaram de 3,1% a 16,4%, indicando boa precisão na condução dos experimentos. Segundo classificação proposta por Pimentel - Gomes (2009), o CV é classificado como baixo quando menor do que 10%; médio, quando de 10 a 20%; alto, de 20 a 30%.

Comparação de médias

As médias para as características teor de óleo (TO) e teor de proteína (TP),

oriundas dos desdobramentos da interação tripla MI x E x C, são apresentadas na tabela 3.

Tabela 3: Médias dos desdobramentos da interação cultivar dentro de manejo-época, manejo dentro de cultivar-época e época dentro de cultivar-manejo para os teores de óleo (TO) e proteína (TP) em porcentagem no grão

MI	TMG 132				TMG 1288			
	TO		TP		TO		TP	
	E1 (10/07)	E2 (10/12)	E1 (10/07)	E2 (10/12)	E1 (10/07)	E2 (10/12)	E1 (10/07)	E2 (10/12)
DHF	28,2 bA1	16,4 aA1	21,6 aB1	34,0 aA1	28,3 aA1	22,6 aA1	27,0 aB1	41,3 aA1
DHE	39,2 aA1	22,5 aB1	27,5 aA1	32,2 aA1	39,3 aA1	24,4 aB1	29,6 aB1	39,0 aA1
DHM	37,2 aA1	19,6 aB1	23,2 aB1	33,7 aA1	36,0 aA1	16,3 aB1	29,1 aB1	40,5 aA1
IN	27,0 bA1	25,4 aA1	28,3 aB1	41,5 aA1	32,2 aA1	21,4 aB1	29,7 aB1	39,1 aA1
MG	32,9	20,9	25,1	35,3	33,9	21,1	28,8	39,9

1 – Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

2 - Médias seguidas de mesmo número na linha não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

* DHF: déficit hídrico na floração; DHE: déficit hídrico no enchimento de grãos; DHM: déficit hídrico na maturação; IN: irrigação normal (sem déficit hídrico)

Para as características teor de óleo (TO) e proteína (TP), o estudo dos sistemas de manejo de irrigação (DHF: déficit hídrico na floração; DHE: déficit hídrico no enchimento de grãos; DHM: déficit hídrico na maturação e IN: irrigação normal - sem déficit hídrico) dentro de cada época de semeadura (E1: 10/07 ou E2: 10/12), para as cultivares TMG132RR e TMG1288RR, revelou diferenças significativas entre os sistemas de manejo de irrigação apenas para TO da cultivar TMG132RR, quando a mesma foi semeada na primeira época. Nesta época, os manejos DHE e DHM, com, respectivamente, 39,2% e 37,2%, resultaram em maior teor de óleo nos grãos devido, provavelmente, à ocorrência, nesta época, de temperaturas mais altas (figura 1) e estresses hídricos antes e durante a maturação dos grãos.

Neste caso, o que pode ter favorecido essa condição seria a possível competição por esqueletos de carbono relatada por Pípulo (2002). Temperaturas elevadas aliada ao déficit hídrico podem ter comprometido a biossíntese de proteína, e, existindo uma correlação alta e inversa entre proteína e óleo, a síntese deste, seria beneficiada. Além disso, Sedyama et al. (1996), observou que o alto conteúdo

de óleo nos grãos teria relação com temperaturas mais altas, principalmente nos estádios reprodutivos da soja.

Os resultados encontrados também estão em concordância com aqueles obtidos por Barbosa et al. (2011); Albrecht et al. (2008). Minuzzi et al. (2009) e Pípolo (2002), também observaram os efeitos das altas temperaturas e reduções hídricas no incremento do teor de óleo em grãos de soja. Hungria et al. (2000); Taiz e Zeiger (2004) e Marcos Filho (2005), discorreram também sobre o efeito isolado e/ou associado de baixa disponibilidade hídrica e altas temperaturas sobre o teor de óleo.

Por outro lado, Maehler et al. (2003) ao trabalharem com duas cultivares de soja, em dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado), verificaram que o teor de óleo nos grãos não foi alterado significativamente.

O estudo comparativo entre as épocas de semeadura (E1 e E2), em cada cultivar e manejo de irrigação, para as características teor de óleo e proteína, revelou um maior conteúdo de proteína e óleo nos grãos, independentemente do manejo de irrigação e cultivar, respectivamente, para a segunda e primeira épocas de semeadura. Esses resultados podem ser explicados em virtude da ocorrência de temperaturas mais elevadas na primeira época de semeadura, em que as temperaturas médias registradas na casa de vegetação foram superiores à 40°C (figura 1). Essa condição favoreceu a biossíntese de óleo em detrimento à formação de proteínas.

Segundo Hungria e Vargas 2002, esta redução no teor de proteínas pode ter ocorrido em decorrência de altas temperaturas aliada ao déficit hídrico, que impede a sobrevivência do *Bradyrizobium*, bactéria responsável pela fixação biológica de nitrogênio.

Kelling e Fixen (1992) relatam que as sínteses de proteína e outros compostos como amido e lipídeos competem por fotoassimilados durante o período de enchimento de grãos e quando a necessidade de nitrogênio para o rendimento é satisfeita, o mesmo é usado para aumentar a concentração de proteína. Assim, quando falta nitrogênio, os fotoassimilados que seriam convertidos em proteínas são usados na síntese de lipídeos e outros compostos.

Outra possível explicação seria a alteração de rotas metabólicas em resposta ao estresse térmico e hídrico sofrido pela planta. Nestas condições a planta

pode ativar a síntese de proteínas de choque térmico, como as chaperonas, que sinalizam expressões gênicas para destruição de proteínas enoveladas incorretamente, impedindo a morte celular. Além disso, o aumento de lipídeos na membrana celular teria o papel de dificultar a desistração da planta.

Não foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares TMG 132RR e TMG1288RR, para TO e TP, quando as mesmas foram comparadas em cada um dos sistemas de manejo de irrigação em uma mesma época. Assim, as cultivares apresentaram comportamento similar quando estudadas conjuntamente.

As médias para as características rendimento de óleo (RO) e rendimento de proteína (RP), oriundas dos desdobramentos da interação dupla MI x E, são apresentadas na tabela 4.

Tabela 4: Médias obtidas do rendimento em kg ha⁻¹ de óleo (RO) e proteína (RP) para quatro tipos de manejo de irrigação em duas épocas (E1 e E2)

MI	Rendimento em kg ha ⁻¹			
	RO		RP	
	E1 (10/07)	E2 (10/12)	E1 (10/07)	E2 (10/12)
DHF	201 bB	285 cA	197 bB	563 cA
DHE	170 bA	228 cA	126 bB	472 cA
DHM	265 aB	517 bA	141 bB	1056 bA
IN	325 aB	745 aA	342 aB	1317 aA
Média	240	443	201	852

Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula, na linha não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

* DHF: déficit hídrico na floração; DHE: déficit hídrico no enchimento de grãos; DHM: déficit hídrico na maturação; IN: irrigação normal (sem déficit hídrico)

A segunda época de semeadura (10/12), em todos os sistemas de manejo de irrigação, com exceção do manejo déficit hídrico no enchimento de grãos (DHE) para RO, proporcionou um maior rendimento de óleo e proteína. Tal fato pode ter ocorrido em função da ocorrência de temperaturas mais amenas nesta época, em relação à primeira época de semeadura (10/07), que pode ter resultado em redução no porte das plantas, em virtude do encurtamento da fase vegetativa, tendo como consequência reduções no rendimento de grãos e nos rendimentos de óleo e proteína.

Ressalta-se que os valores de rendimento de óleo e de proteína devem

refletir os valores de produtividade de grãos, já que foram obtidos a partir do produto entre teor de óleo e produtividade dos mesmos. Assim, apesar de ter sido observado maior TO para época 1, esta apresentou menor RO por hectare. Novamente o efeito do déficit hídrico aliado à uma maior temperatura registrada nesta época, foi determinante, pois, nesta condição ocorreu menor translocação de fotoassimilados e menor acúmulo de matéria seca pela planta, refletindo em um menor rendimento de grão. O mesmo foi observado para o RP com relação às épocas 1 e 2.

Barbosa et al (2011) e Ogliari et al. (2012), verificaram em seus estudos a existência de correlações genéticas positivas ($r = 0,99$ e $0,97$, respectivamente) entre o rendimento de óleo e a produtividade de grãos. Entretanto, a correlação entre teor de óleo e rendimento de grãos pode ser pequena, negativa (SIMPSON JÚNIOR; WILCOX, 1983), ou ainda, ser ausente (KWON; TORRIE, 1964).

Para o rendimento de proteínas, existe uma aparente correlação negativa com a produtividade de grãos. Trabalhos realizados por Almeida et al. (1991), indicaram que a correlação entre o teor de proteínas e a produção de grãos de soja no Brasil está em torno de $-0,20$. Entretanto, vários trabalhos relacionados ao teor de proteína e produtividade de grãos não tem se mostrado muito significativos (NAOE, 2004).

Barbosa et al. (2011) verificaram o efeito de épocas de semeadura no rendimento de grãos e de óleo em soja cultivada no Estado do Tocantins e Lima e Peluzio (2015), a influência de épocas de semeadura no rendimento de óleo em soja no Tocantins.

Albrecht et al. (2008) estudaram o rendimento de proteína no grão de soja em função da época de semeadura e constataram efeito significativo entre épocas de plantio para esta característica.

Em cada uma das épocas de semeadura, os sistemas de manejo irrigação normal (IN), seguido pelo manejo déficit hídrico na maturação (DHM), proporcionaram os maiores rendimentos de óleo e proteína. Os menores rendimentos ocorreram no manejo déficit hídrico no enchimento de grãos (DHE), seguido pelo déficit hídrico na floração (DHF). A floração e enchimento de grãos são consideradas as fases de maior demanda hídrica pela planta, por isso, o déficit hídrico ocorrido nestes períodos tenha refletido em perda de produtividade de grãos,

muito provavelmente pelo abortamento de flores e redução no acúmulo de fotoassimilados na semente.

As médias para as características rendimento de óleo (RO) e rendimento de proteína (RP), oriundas dos desdobramentos da interação dupla MI x C, são apresentadas na tabela 5.

As cultivares TMG132RR e TMG1288RR apresentaram significativamente o mesmo rendimento de óleo e proteína, quando comparadas em cada um dos sistemas de manejo de irrigação.

Para cada uma das cultivares, os sistemas de manejo irrigação normal (IN), seguido pelo manejo déficit hídrico na maturação (DHM), proporcionaram os maiores rendimentos de óleo e proteína. Os menores rendimentos ocorreram no manejo déficit hídrico no enchimento de grãos (DHE), seguido pelo déficit hídrico na floração (DHF)

Tabela 5: Médias obtidas do rendimento em kg ha⁻¹ de óleo (RO) e proteína (RP) para quatro tipos de manejo de irrigação nas cultivares TMG132 e TMG1288

MI	Rendimento em kg ha ⁻¹			
	RO		RP	
	TMG132	TMG1288	TMG132	TMG1288
DHF	284 bA	202 cA	447 bA	304 bA
DHE	186 cA	213 cA	219 cA	379 bA
DHM	350 bA	432 bA	447 bA	751 aA
IN	504 aA	566 aA	733 aA	926 aA
Média	331	353	461	590

Médias dos manejos seguidas de mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

* DHF: déficit hídrico na floração; DHE: déficit hídrico no enchimento de grãos; DHM: déficit hídrico na maturação; IN: irrigação normal (sem déficit hídrico)

As reduções no RO e RP, na primeira e segunda épocas de semeadura (tabela 4), bem como para as cultivares TMG132RR e TMG1288RR (tabela 5), nos manejos DHE e DHF, estão em concordância com aqueles obtidos por Embrapa (2015).

Kuss (2006); Fietz & Rangel (2002) e Borrmann (2009) citam como fases críticas da cultura à disponibilidade de água as fases de emergência e floração-enchimento de grãos. Em estudos sobre as respostas fisiológicas da cultura da soja sob déficit hídrico, afirmam que na fase de enchimento dos grãos na soja o estresse

hídrico pode causar redução no tamanho e peso dos grãos, que irá resultar em queda no rendimento dos mesmos.

De acordo com Neumaier et al. (2000) a ocorrência de estresse hídrico em todo o subperíodo de início de enchimento de grãos e início do estágio de grãos verdes, pode reduzir drasticamente o rendimento da soja, pois quase metade dos nutrientes necessários ao enchimento de grãos provém do solo e da fixação biológica de nitrogênio. Segundo esses autores, durante a fase de enchimento de grãos a ocorrência de deficiências hídricas, acompanhadas de altas temperaturas, pode causar enrugamento dos grãos de cultivares sensíveis, reduzindo o rendimento e a qualidade da soja.

Conclusões

1 – Os sistemas de manejo e as épocas de semeadura afetaram o rendimento de óleo e proteína;

2- As épocas de semeadura tiveram maior influência nos teores de óleo e proteína do que os sistemas de manejo de irrigação;

3 - Os maiores teores de óleo (39,2%) e proteína (41,5%) foram observados na primeira e segunda épocas de semeadura respectivamente, reforçando o efeito da interação época de plantio e déficit hídrico;

4 - A floração e o enchimento de grãos foram mais sensíveis ao déficit hídrico;

5 – As cultivares de soja avaliadas apresentaram resposta similar quanto ao déficit hídrico

Referências bibliográficas

ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; AGUIAR, C.G.; ÁVILA, M.R.; STÜLP, M. . Qualidade fisiológica e sanitária das sementes sob semeadura antecipada da soja. **Scientia Agraria**, v.9, p.445-454, 2008.

ALMEIDA, L.A.; KASTER, M.; KILL, R.A.S. **Caracterização das cultivares de soja recomendados no Brasil, para o ano agrícola de 1991/02**. Londrina – EMBRAPA – Soja, 5p. 1991.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO E GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Superintendência de refino, processamento de gás Natural e produção de biocombustíveis: **Boletim mensal do biodiesel**, 10 p Março de 2015.

BARBOSA, V. S.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SIQUEIRAS, G. B. Comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeaduras, visando à produção de bicomcombustível. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p.742-749, 2011

BLACK, J. R. CÂMARA, G. M. S. **Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva**. In: SOJA: TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO II. PIRACICABA: Piracicaba, p. 1-19, 2000.

CRUZ, C.D. & REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2004. 480 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil** Londrina: Embrapa Soja, Documento132; . 226p., 1999.

FIETZ, C. R.; URCHEI, M. A. Deficiência hídrica da cultura da soja na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.262-265, 2002.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v. 65, p.151-164, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Boletim Agroclimatológico mensal**. 20p. Brasília-DF 2015.

KWON, S. H.; TORRIE, J. H. Heritability and interrelationship among traits of two soybean populations. **Crop Science**, Madison, USA: Crop Science Society of America, v. 4, p. 196-198, 1964.

KUSS, R.C.R. **Populações de plantas e estratégias de irrigação na cultura da**

soja. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 80 p 2006.

LIMA, M., D., PELUZIO, J, M. Dissimilaridade genética em cultivares de soja com enfoque no perfil de ácidos graxos visando produzir bicomcombustível. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v10 p 256-261, 2015.

LOBATO, A.K.S.; OLIVEIRA NETO, C.F.; SANTOS FILHO, B.G.; COSTA,R.C.L.; CRUZ,F.J.R; NEVES, H.K.B.; LOPES, M.J.S. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. **Australian Journal of Crop Science**, Amsterdam, v.2, p.25-32, 2008.

MAEHLER, A. R.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L. Qualidade de grãos de duas cultivares de soja em função da disponibilidade de água no solo e arranjo das plantas. **Ciência Rural**, v. 33, p. 213-218, 2003.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARQUES, M. M.; ROCHA J.E.S.; HAMAWAKI, O.T. Avaliação do teor de óleo de cultivares de soja da UFU visando a produção de biodiesel. **Horizonte Científico**. v.1, p. 1-22, 2008.

MINUZZI, A.; RANGEL, M.A.S.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; MOURA, F.; ROBANIA, A.D. Rendimento, teores de óleo, e proteína de quatro genótipos de soja, produzidas em dois locais no estado do Mato Grosso do Sul. **Ciência Agrotecnologia**, v.33, p.1047-1054, 2009.

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, p 114-119, 2014.

NAOE, L.K. **Seleção para alto conteúdo proteico em sementes de soja em populações de retrocruzamentos**. 112P Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento). Universidade Federal de Viçosa UFV, 2004.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. Estresses de ordem ecofisiológica. In: BONATO, E.R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 254 p.

OGLIARI, J.B.; BALBINOT JR., A.A.; BACKES, R.L.; ALVES, A.C. Contribution of yield components on grain yield in maize open pollinated varieties. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, p. 180-197, 2012.

RODRIGUES, J.I. da S.; MIRANDA, F.D. de; FERREIRA, A.; BORGES, L.L.; FERREIRA, M.F. da S.; GOODGOD, P.I.V.; PIOVESAN, N.D.; BARROS, E.G. de; CRUZ, C.D.; MOREIRA, M.A. Mapeamento de QTL para conteúdos de proteína e óleo em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.472-480, 2010.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15.ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

PÍPOLO, A. E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteínas e óleo em sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)**. 128p Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

RANGEL, M.A.S.; CAVALHEIRO, L.R.; CAVICHIOILLI, D.; CARDOSO, P.C. **Efeito do genótipo e do ambiente sobre os teores de óleo e proteína nos grãos de soja, em quatro ambientes da Região Sul de Mato Grosso do Sul**, safra 2002/2003. Dourados: Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 17. Embrapa Agropecuária Oeste, 2004.

SIMPSON JUNIOR, A. M.; WILCOX, J. R. Genetic and phenotypic associations of agronomic characteristics in four high protein soybean populations. *Crop Science*, Madison, USA: **Crop Science Society of America**, v. 23, p. 1077-1081, 1983.

SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; TEIXEIRA, R de C.; REIS, M. S. Melhoria da Soja. In: (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, p. 553-604, 2005. SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja I parte**. Viçosa: UFV, 1993. 96 p.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja (Parte I)**. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária, Viçosa, 1996. 69 p.

VEIGA, A.D.; VON PINHO E.V.R.; VEIGA.A.D.; PEREIRA,P.H.A.R.; OLIVEIRA, K.C. DE; VON PINHO, R.G. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, p. 953-960, 2010

VALENTE, M., A. S.. **A proteína Bip exerce função protetora contra o déficit hídrico em plantas de soja**. 112p Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2008.