



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA E ÉPOCA DE SEMEADURA DA SOJA PARA A  
PRODUÇÃO DE ETANOL: EFICIÊNCIA E COMPORTAMENTO DE  
CULTIVARES**

**Aluno:** MÁRCIO TOLLER

**Orientador:** Dr. JOÊNES MUCCI PELUZIO

Palmas – TO

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA E ÉPOCA DE SEMEADURA DA SOJA PARA A  
PRODUÇÃO DE ETANOL: EFICIÊNCIA E COMPORTAMENTO DE  
CULTIVARES**

**Aluno:** MÁRCIO TOLLER

**Orientador:** Dr. JOÊNES MUCCI PELUZIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agroenergia, com área de concentração em Sistemas de produção e melhoramento de culturas visando à produção de biocombustíveis.

Palmas – TO

2016




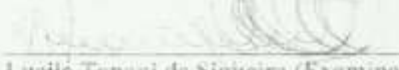
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

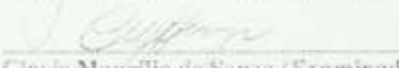
ADUBAÇÃO POTÁSSICA E ÉPOCA DE SEMEADURA DA SOJA PARA A  
PRODUÇÃO DE ETANOL: EFICIÊNCIA E COMPORTAMENTO DE  
CULTIVARES

ALUNO: Márcio Toller

COMISSÃO EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Joãoes Mucci Peluzio (Presidente - UFT)

  
Prof. Dr. Flávia Lucila Tonani de Siqueira (Examinador Interno - UFT)

  
Prof. Dr. Clovis Maurílio de Souza (Examinador Externo)

Data da Defesa: 18 / 03 / 2016

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

---

T651a Toller, Márcio.

Adubação Potássica E Época De Semeadura Da Soja Para A  
Produção De Etanol: Eficiência E Comportamento De Cultivares. /  
Márcio Toller. – Palmas, TO, 2016.

58 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do  
Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-  
Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2016.

Orientador: Joênes Mucci Peluzio

1. Adubação potássica. 2. Carboidratos. 3. Eficiência no uso do  
potássio. 4. Soja. 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).**

## DEDICATÓRIA

Neste momento exclusivo da minha trajetória acadêmica, finalizo mais uma etapa percorrida, sendo assim, dedico esta obra a pessoa mais especial da minha vida, que há treze anos está ao meu lado, constantemente me incentivando, somando conhecimentos, dividindo frustrações e multiplicando sonhos.

Pessoas especiais como você Monique Soares Vieira são poucas, pois deixam em nossas vidas uma marca inesquecível de prazer em estar na sua presença, pois és um exemplo de companheirismo, superação, perseverança e vitória.

Diante disto meu amor, só tenho a agradecer por tudo e dizer muito obrigado!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade concebida, a meus pais Adir e Lenir Toller e a minha sogra Maria Nelci.

Ao meu ilustre orientador, Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio, pela atenção para comigo, pelos seus ensinamentos e dicas de fundamental importância para a execução desta dissertação.

Ao quadro de professores da UFT, que de alguma forma puderam contribuir com seus ensinamentos, não somente a mim, mas também aos colegas do Mestrado em Agroenergia.

Meus agradecimentos aos professores da banca, pelas contribuições a minha dissertação e por dedicarem seu tempo à leitura e análise do meu estudo.

Agradeço ao Prof. Evandro Reina, que foi de fundamental importância na execução das análises laboratoriais e com seus ensinamentos.

A secretária Geane Silveira que sempre esteve prontamente disposta a prestar informações e esclarecimentos relacionados a este curso.

A UFT pela disponibilidade dos laboratórios, nas análises químicas dos materiais e a CAPES pela bolsa de estudo fornecida.

Aos colegas de mestrado Celso, Dilma e Neusa pelo fornecimento das sementes utilizadas para a coleta destes dados.

Um fraterno e generoso agradecimento aos amigos João Albiero e Célia Grandini Albiero, pelo acolhimento e incentivo aos meus estudos.

Aos amigos Wesceley Pinheiro e Renata Gomes da Costa, pelo companheirismo e incentivo a todos os momentos desta minha trajetória.

A amiga Cristiana Mesquita pelo apoio e confiança, no momento decisivo ao qual se fez neste período de estudo.

## RESUMO

No Brasil, a soja é a principal cultura agrícola e impulsionadora do produto interno bruto (PIB). Entretanto, a composição química dos grãos, tais como óleo, proteínas e carboidratos, apresentam variações em função do ambiente ao qual está exposto, podendo afetar o rendimento industrial. Neste sentido, o presente trabalho foi realizado com o intuito de se estudar o comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeadura, quanto à eficiência do uso de potássio, para teor e rendimento de carboidratos, visando a produção de etanol na região Centro-Sul do Estado do Tocantins. No ano agrícola de 2013/14, foram realizados quatro ensaios de competição de cultivares de soja em Palmas - TO, sendo dois instalados em 05 de dezembro de 2013 e dois em 23 de janeiro de 2014. Em cada época de semeadura, os cultivares foram semeados sob condições de alto e baixo potássio ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{k}_2\text{O}$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{k}_2\text{O}$  respectivamente). O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi de blocos casualizados com quatro repetições e sete tratamentos: BRS 333 RR, BRS 33871 RR, BRS 325 RR, M 9144 RR, P 98Y70 RR, TMG 1180 RR e TMG 1288 RR. Foram estudadas as características teor de açúcares redutores totais e rendimentos de açúcares redutores totais, bem como a eficiência para o uso do potássio. A época de semeadura e adubação potássica influenciaram no comportamento dos cultivares para teor e rendimento de açúcares redutores totais. Altas temperaturas e baixos índices pluviométricos, na fase de enchimento de grãos, favorecem o acúmulo de açúcares redutores totais nos grãos. Os cultivares TMG 1288 RR e TMG 1180 RR apresentam-se como potencialmente promissores para produção de etanol, sendo este último também eficiente quanto ao uso de potássio.

**Palavras chave:** Adubação potássica, Carboidratos, Eficiência no uso do potássio, Época de plantio, Potássio, Soja.

## ABSTRACT

In Brazil, soybean is the agricultural main crop and driving of gross domestic product (GDP). However, the chemical composition of the grains, such as oil, protein and carbohydrates, exhibit variations depending on the environment to which it is exposed, may affect the industrial performance. In this sense, the present study was performed in order to study the behavior of soybean cultivars in different sowing times, at different times of sowing, as the potassium use efficiency, productivity and carbohydrate content, in order to ethanol production in the Center-South region of the State of Tocantins. In agricultural year 2013/14, were held four soybean cultivars competition trials in Palmas - TO, two being installed on December 5, 2013 and two in January 23, 2014. In each planting season, the cultivars were spread under conditions of high and low potassium (200 kg ha<sup>-1</sup> de k<sub>2</sub>O e 40 kg ha<sup>-1</sup> de k<sub>2</sub>O respectively). The experimental design used in each test was a randomized block with four replications and seven treatments: BRS 333 RR, BRS 33871 RR, BRS 325 RR, M 9144 RR, P 98Y70 RR, TMG 1180 RR e TMG 1288 RR. The total reducing sugar content characteristics were studied and yields of total reducing sugars, as well as efficiency for the use of potassium. The season of sowing and potassium fertilization influenced the behavior of cultivars for content and yield of total reducing sugars. High temperatures and low rainfall index, the grain filling stage, favoring the accumulation of total reducing sugars in the grain. The cultivars TMG 1288 RR and TMG 1180 RR present as potentially promising for ethanol production, the latter being also efficient as the potassium use.

**Key Words:** Potassium Fertilizer, Carbohydrates, Efficiency in the use of Potassium, Planting Season, Potassium, Soybean.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Representação esquemática das diversas formas de potássio do solo e sua dinâmica. ....	17
Figura 2. Composição média do grão de soja .....	24
Figura 3. Fluxograma do balanço de massa do processo industrial da soja .....	25
Figura 4. Representação isométrica dos monossacarídeos .....	28
Figura 5. Processo de hidrólise da sacarose .....	29
Figura 6. Índices de precipitação e temperatura entre a 2ª semana de dezembro de 2013 e 1ª semana de abril de 2014, referente a 1ª época de semeadura (05/12/2014).....	35
Figura 7. Índices de precipitação e temperatura entre a 1ª semana de fevereiro de 2014 e 4ª semana de maio de 2014, referente a 2ª época de semeadura (23/01/2014).....	36
Figura 8. Representação da Curva Padrão de Glicose (1 g.L <sup>-1</sup> ) .....	38

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Leitura de Absorbância a 540 nm obtidas para diferentes concentrações de glicose .....38

Quadro 2. Resumo da análise de variância conjunta para o teor de açúcares redutores totais (ART) (%) em sete cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas - TO..... 41

Quadro 3. Média do teor de açúcares redutores totais (%) de sete cultivares de soja, sob dois níveis de adubação potássica em duas épocas de semeadura em Palmas – TO, safra 2013/2014 .....42

Quadro 4. Resumo da análise de variância conjunta para os rendimentos de Açúcares Redutores Totais (RART) ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em sete cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas – TO .....45

Quadro 5. Médias dos rendimentos de Açúcares Redutores Totais de sete cultivares de soja, sob dois níveis de adubação potássica em duas épocas de semeadura em Palmas – TO, safra 2013/2014 .....47

Quadro 6. Resumo da análise de variância para o índice de eficiência do uso do potássio para o teor de Açúcares Redutores Totais (%) em sete cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas – TO .....47

Quadro 7. Médias para o índice de eficiência do uso do potássio para a característica teor de Açúcares Redutores Totais de quatro características avaliadas em 07 cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas – TO .....48

Quadro 8. Resumo da análise de variância para o índice de eficiência do uso do potássio para o rendimento de Açúcares Redutores Totais ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em sete cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas – TO .....49

Quadro 9. Médias para o índice de eficiência para rendimento de Açúcar Redutores Totais de quatro características avaliadas em 07 cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas – TO  
.....49

### LISTA DE ABREVIações

Abs – Absorbância

ART – Açúcares Redutores Totais

cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> – Centimol de carga por decímetro cúbico

CTC – Capacidade de Troca de Cátions

CV – Coeficiente de variação

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias

EUK – Eficiência do Uso do Potássio

G x A – Interação Genótipo versus Ambiente

g.L<sup>-1</sup> – Gramas por litro

IAC – Instituto Agronômico de Campinas

l.ton<sup>-1</sup> – Litro por tonelada

m (g) – Massa em gramas

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MME – Ministério de Minas e Energia

mm.ciclo<sup>-1</sup> – milímetro por ciclo

kg.m<sup>-3</sup> – Quilograma por metro cubico

M.O. – Matéria Orgânica

mg.L<sup>-1</sup> – Miligramas por litro

°C – Graus Celsius

pH – Potencial Hidrogeniônico

PIB – Produto Interno Bruto

RR - Roundup Ready

R<sub>x</sub> – Estágio fenológico reprodutivo x

V<sub>e</sub> – Estádios de germinação-emergência

V<sub>x</sub> – Estágio fenológico vegetativo x

V (μL) – Volume em microlitro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRAFICA</b>	<b>15</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS DO CERRADO	15
3.1.1	Temperatura e Regime pluviométrico	15
3.1.2	Solos do cerrado	15
3.1.3	Disponibilidade hídrica	19
3.1.4	Adubação	21
3.2	EFICIÊNCIA DE USO DE NUTRIENTES	22
3.3	COMPOSIÇÃO DA SOJA	23
3.3.1	Melaço de soja	24
3.3.2	Produção de etanol	26

3.4					CARBOIDRATOS
.....				26	
3.4.1	Monossacarídeos				27
3.4.2					Dissacarídeos
.....				29	
3.4.3	Açúcares	redutores			totais
.....				30	
3.4.4					Oligossacarídeos
.....				30	
3.4.5	Polissacarídeos				31
3.5	FISIOLOGIA	E	ATUAÇÃO	DOS	CARBOIDRATOS
.....					31
3.5.1			Estresse		hídrico
.....				31	
3.5.2			Estresse		térmico
.....				33	
<b>4</b>	<b>MATERIAL</b>			<b>E</b>	<b>MÉTODOS</b>
.....				<b>34</b>	
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>			<b>E</b>	<b>DISCUSSAO</b>
.....				<b>41</b>	
5.1	PRODUÇÃO	DE	AÇÚCARES	REDUTORES	TOTAIS
.....					41
5.2	RENDIMENTOS DE AÇÚCARES REDUTORES TOTAIS.....				44
5.3	EFICIÊNCIA		DOS		CARBOIDRATOS
.....					47
5.3.1	Eficiência	do	uso	do	potássio
.....					47
<b>5.3.1.1</b>	<b>Eficiência no teor de Açúcares Redutores Totais (ART)</b>				<b>47</b>
<b>5.3.1.2</b>	<b>Eficiência no rendimento de Açúcares Redutores Totais (RART)</b>				<b>48</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....				<b>50</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>				<b>BIBLIOGRÁFICAS</b>
.....					<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja está entre os principais produtos agrícolas do Brasil, sendo responsável por 39,2% do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio nacional, com produção na safra 2014/15 de 7,99 milhões de toneladas de óleo e 31,57 milhões de toneladas de farelo (MAPA, 2015).

No que se refere a produção, o cerrado brasileiro como sendo o principal produtor nacional, nos últimos 40 anos a sua produção cresceu sete vezes, enquanto a área plantada aumentou quatro vezes, isto oriundo do crescente avanço em pesquisas e tecnologia (SEDIYAMA, 2015). Contudo, como a maior parte dos solos de cerrado é ácido e com baixa fertilidade natural, há a necessidade da utilização de grandes quantidades de insumos, dentre os quais um dos mais requeridos é o potássio (K), que é encontrado em baixas concentrações nos solos tropicais brasileiros (MALAVOLTA, 2006).

A principal forma de fornecimento do potássio para suprir as necessidades da cultura é oriunda de elevadas quantidades de adubação potássica, uma vez que este elemento tem alta mobilidade nos solos e baixa eficiência do uso. Estas aplicações geram grandes custos operacionais e desequilíbrios ambientais sendo, portanto, necessários estudos de eficiência do uso do potássio pela cultura, que de certa forma seriam estratégicos do ponto de vista econômico e ambiental, pois o uso de cultivares eficientes reduziria sobremaneira o uso deste insumo (STEINER, 2014).

A cadeia produtiva do biodiesel gera co-produtos como a torta, o farelo e o melaço que podem agregar valor e gerar outras fontes de renda para os produtores (MME, 2016). O melaço de soja é um produto resultante da produção de farelo concentrado, rico em carboidratos (34% de carboidratos totais) (EMBRAPA, 2013), com alto potencial para a transformação destes açúcares presentes na sua composição em etanol combustível, que vem sendo utilizado pelas empresas IMCOPA, localizada em Ponta Grossa – PR e a SELECTA, localizada em Araguari - MG (SIQUEIRA, 2007). Assim, com a crescente demanda mundial pelo grão da soja e seus derivados, vislumbra-se uma possibilidade de utilizar o etanol a partir do melaço da soja.

Neste sentido, o presente estudo foi realizado com o objetivo de estudar o comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeadura, quanto à eficiência do uso de potássio, para teor e rendimento de carboidratos, visando a produção de etanol na região Centro-Sul do Estado do Tocantins.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Estudar o comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeadura, quanto à eficiência do uso de potássio, para teor e rendimento de carboidratos, visando a produção de etanol na região Centro-Sul do Estado do Tocantins.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar os cultivares de soja potencialmente promissores para produção de etanol;
- Identificar cultivares de soja eficientes quanto ao uso de potássio;
- Estudar o efeito da época de semeadura no comportamento de cultivares para teor e rendimento de carboidratos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DO CERRADO

##### 3.1.1 Temperatura e Regime pluviométrico

Conforme Coutinho (2000), o clima predominante do cerrado é o tropical, com características de inverno seco, ou seja, com baixas cargas pluviométricas e o período do verão chuvoso. Suas médias anuais estão entre 22 a 23 °C, com temperaturas máximas que em média não flutuam excessivamente ao longo do ano, superando aos 40 °C nos períodos mais quentes (meses de agosto a março) e apresentam temperaturas inferiores à média anual nos meses de maio a julho.

Para o mesmo autor, o regime pluviométrico da região de cerrado apresenta uma variação média anual entre 1.200 a 1.800 mm, com uma concentração do período chuvoso abrangendo as estações da primavera e verão (entre os meses de outubro a março), porém neste período poderão apresentar veranicos, causando consequências para a agricultura local.

Entre os períodos de maio a setembro os índices pluviométricos mensais são reduzidos significativamente, podendo chegar a zero nos meses de junho, julho e agosto. Em consequência desta estação seca, a umidade relativa do ar pode permanecer inferior a 15% durante estes meses, agravando a agropecuária deste bioma e aumentando significativamente os problemas relacionados a queimadas.

##### 3.1.2 Solos do cerrado

O cerrado ocupa uma extensão de 2,04 milhões de quilômetros quadrados, sendo o segundo maior bioma, superado somente pela Amazônia, com localização no centro do país, engloba os estados de Goiás, Distrito Federal e parte dos estados do Mato grosso do Sul, Mato Grosso, Rondônia, Minas Gerais, Tocantins, Bahia, Maranhão, Piauí e Pará. O solo predominante neste bioma é o Latossolo, caracterizado principalmente pela baixa fertilidade e elevada acidez.



Contudo, são solos antigos, profundos, bem drenados, com resistência a compactação, de relevos planos à levemente ondulados, propícios para a mecanização agrícola (SANTOS, 2010).

Com precipitações pluviométricas e temperaturas altas no período de outubro a março, o cerrado apresenta condições favoráveis ao cultivo de grãos e, dentre este, destaca-se a soja. Contudo, como a maior parte dos solos de cerrado é ácido e com baixa fertilidade natural, torna-se necessária a utilização de grandes quantidades de insumos visando atingir produções quantitativas. Dentre estes insumos, um dos principais elementos químicos requerido pela cultura da soja é o potássio (K), que é encontrado em baixas concentrações nos solos tropicais brasileiros (MALAVOLTA, 2006).

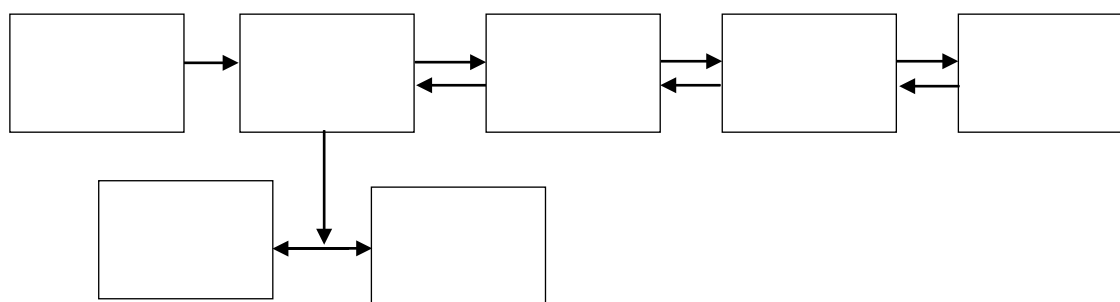
Atualmente os cultivares de soja possuem características fisiológicas aprimoradas para alcançar elevados índices de produtividade, dentre os fatores responsáveis por esse aumento nas últimas décadas está o melhoramento genético e as respostas à adubação equilibrada, capaz de proporcionar condições para o potencial produtivo da planta, aliado a outras práticas de manejo.

Dentre todos os nutrientes requeridos pela cultura da soja, o potássio está em segundo lugar, abaixo somente do nitrogênio, sendo que, em cada 1.000 kg de sementes produzidas, são extraídos 20 kg de  $K_2O$  do solo.

Este nutriente sob o ponto de vista nutricional possui um equilíbrio entre as formas de potássio trocável e potássio na solução, seu somatório para fins práticos é considerado como potássio disponível para as plantas, sendo assim, o que irá determinar esta relação entre potássio trocável e o da solução será a CTC (Capacidade de Troca de Cátions) do solo, que é muito variável conforme o teor de matéria orgânica, o tipo e a quantidade de argila, o pH e o teor de umidade do solo. (MIELNICZUK, 2005) e (STEINER, 2014).

Na figura 1 abaixo esta a representação esquemática das possíveis formas de potássio presentes nos solos.

Figura 1. Representação esquemática das diversas formas de potássio do solo e sua dinâmica.



Fonte: Raij, 2011.

O potássio é um dos macros nutrientes essenciais para desenvolvimento da planta. Entre as principais funções deste nutriente estão: o controle osmótico dos tecidos, a regulação da abertura e fechamento dos estômatos e na atuação da ativação enzimática. Os efeitos dos sintomas de déficit hídrico são reduzidos na planta de soja quando na presença do potássio (SERAFIM et al., 2012).

O suprimento adequado deste nutriente pela planta traz reflexos positivos na nodulação pelos rizóbios, no aumento no número de vagens e na proporção de vagens com grãos, no maior tamanho da semente, no aumento nos teores de óleos do grão, bem como em uma diminuição do número de grãos enrugados (OLIVEIRA Jr., 2013).

Para Serafim et al. (2012), sob adubação potássica, há aumento no rendimento de grãos, massa de 100 grãos, teor de potássio presente no grão e no número de vagens viáveis.

Petter et al. (2014) afirma em seus estudos que o potássio aplicado no sulco de plantio, em soja cultivada no cerrado, tem influência direta na produtividade e vigor das sementes, produzindo plântulas de maiores estatura e ganho de peso.

Para Sfredo (2008) o potássio é responsável pela proteção e diminuição de doenças na planta, como também acelera a lignificação das células do esclerênquima, aumentando a resistência ao acamamento. Conforme Nascimento & Loureiro (2004) e Santos & Vargas (2012), este nutriente desempenha um papel fundamental na ativação de mais de 60 enzimas, que atuam no processo

metabólico como a fotossíntese, sínteses de proteínas e carboidratos, além de incidir no balanço hídrico e no crescimento de meristemas da planta.

De acordo com Batistella Filho et al. (2013), o poder germinativo das sementes aumenta na presença do potássio, pois este nutriente beneficia a turgidez dos tecidos.

A participação do potássio na qualidade do vegetal está relacionada com o transporte dos aminoácidos e açúcares para os órgãos de armazenamento como grãos, tubérculos e raízes e com a ativação da conversão em carboidratos, proteínas gordurosas, vitaminas, etc. (NASCIMENTO & LOUREIRO, 2004, pg.33).

Segundo Oliveira et al. (2001) a absorção do potássio pelas raízes poderá ser reduzida ao ponto de provocar a sua deficiência, sendo propício de ocorrer quando for aumentada as concentrações de cálcio e magnésio do solo em relação à do potássio na ocorrência de uma calagem do solo. Para Nascimento & Loureiro (2004), o potássio estando em concentrações adequadas, atua diretamente no metabolismo do ciclo do nitrogênio na planta, com uma rápida transferência e fornecimento eficiente deste nutriente.

Para Raij (2011) a participação do potássio na ciclagem de nutrientes é de fundamental importância, pois devido a sua mobilidade, a planta consegue retirar este nutriente das camadas mais profundas do solo e trazendo-o para a superfície, tornando novamente disponível quando na decomposição dos restos culturais. Para o mesmo autor, a diminuição da disponibilidade hídrica no solo afeta diretamente a difusão do potássio, prejudicando a sua absorção pela planta.

Conforme Silva & Lazarini (2014), devido à alta mobilidade do potássio nas plantas (tanto no xilema como floema), quando estas entram em senescência ou após a colheita, o potássio presente nos restos culturais ao sofrer a decomposição é liberado ao solo na forma disponível para as culturas sucessoras.

Segundo Tavares (2013) a concentração de potássio presente nas sementes é um fator importante durante a fase inicial da plântula, entre as fases  $V_e$  e início do desenvolvimento radicular, para o suprimento adequado da planta frente a este nutriente, uma vez que desempenha diversas funções fisiológicas dentro da planta, entre algumas estão o controle osmótico e a regulação das atividades enzimáticas da via glicolítica.

### 3.1.3 Disponibilidade hídrica

A água é um dos constituintes presentes na planta da soja, onde representa por aproximadamente 90% do seu peso, atuando nos processos bioquímicos e fisiológicos, como também desempenhando a função de solvente no carregamento de gases, minerais e outros solutos para o interior das células e na translocação pela planta. Contribuindo também como termorregulador tanto no resfriamento como na manutenção e distribuição do calor (FARIAS, 2007).

Para Gava (2014) em seus estudos com estresse hídrico na cultura da soja, pode perceber que os índices de abortamento e diâmetro de grãos não foram os mais afetados pelos níveis de estresse hídrico severo e moderado, mas influenciou significativamente no peso dos grãos.

Quando a planta da soja está submetida a fatores adversos como o déficit hídrico, a fixação de CO<sub>2</sub> no processo de fotossíntese ficará prejudicado, reduzindo suas taxas de transformação, em virtude do aumento na resistência difusiva e conseqüente queda na assimilação do CO<sub>2</sub>, refletindo na diminuição do crescimento e produtividade final da planta (CATUCHI et al., 2012). Para Casagrande et al. (2001), a falta de água afeta diretamente a eficiência dos processos fotossintéticos, através da desidratação do citoplasma e indiretamente com o fechamento estomático.

Conforme Pinheiro et al. (2011) e Catuchi et al. (2012) os fatores que desencadeiam estes eventos são decorrentes da redução da turgescência das células-guardas dos estômatos, seguidos pelo fechamento dos poros estomáticos. A turgescência é o estado hídrico da planta determinante para a abertura estomática e o crescimento celular (MELO et al., 2007).

Para Pinheiro et al. (2011), o decréscimo da difusão de CO<sub>2</sub> da atmosfera até o sítio de carboxilação é geralmente considerado a principal causa da redução da fotossíntese, em condições de deficiência hídrica leve e moderada. Conforme Cakmak (2005) e Catuchi et al. (2012), em condições de estresse hídrico a

demanda por potássio aumenta devido à necessidade da planta em manter a fotossíntese e proteger os cloroplastos contra danos de oxidação.

Desta forma é possível descrever que:

Quando cultivadas sob baixa disponibilidade de potássio, a produção de radicais livres pelas plantas pode aumentar, pois a deficiência do nutriente causa distúrbio no mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, o que reduz a fotossíntese e causa sobra de elétrons, os quais são desviados para a produção de formas reativas de oxigênio. Assim, em condições de estresse hídrico, a planta tem sua demanda por potássio aumentada, para manter a fotossíntese e proteger os cloroplastos de danos oxidativos (CATUCHI et al., 2012, pg. 520).

Conforme o mesmo autor, em estudo realizado com respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica, submetidas a diferentes regimes hídricos, pode-se concluir que em condições de restrição hídrica, os parâmetros fisiológicos e de crescimento da soja não sofrem interferência significativa da adubação potássica. No entanto a suplementação com potássio, em condições sem restrição hídrica há uma maior eficiência dos parâmetros fisiológicos.

Para Lacerda (2007) e Vieira et al. (2013), plantas submetidas ao crescimento sob regime pluviométrico reduzido ou com deficiência mineral, em geral apresentam uma menor relação parte aérea/raízes do que plantas sob condições favoráveis para o crescimento. Para minimizar estes efeitos, maiores proporções de fotoassimilados são translocados para o sistema radicular, com o propósito de favorecer o seu crescimento e assim melhorar a adaptabilidade à deficiência hídrica.

Segundo Sedyama (2015) a cultura da soja necessita de um suporte hídrico para a obtenção do seu máximo rendimento, variando entre 450 a 800 mm.ciclo<sup>-1</sup>, ocorrendo uma variação deste volume conforme as condições climáticas de cada região, do manejo cultural e do ciclo fisiológico do cultivar, com uma eficiência média de utilização da água para a produção de grãos variando entre 0,4 a 0,7 kg.m<sup>-3</sup>.

Dentro do consumo hídrico de um cultivar, os estádios de germinação-emergência ( $V_e$  e  $V_c$ ) e floração-enchimento de grãos ( $R_1$  a  $R_6$ ) irão variar neste requerimento, desse modo, para ocorrer a germinação da semente, a mesma

necessita de 50% do seu peso em água para assegurar a excelência. A necessidade hídrica durante o seu ciclo aumenta de forma gradual, chegando ao máximo de 7 a 8 mm.dia<sup>-1</sup> durante a floração-enchimento de grãos, sendo requeridos entre 120 a 300 mm, bem distribuídas durante 30 a 60 dias, na duração média desta fase.

Para o mesmo autor, no que se refere a capacidade de água disponível no solo para que a planta consiga usufruir, é obtido pela relação entre a diferença dos limites máximo (capacidade de campo) e mínimo (ponto de murcha permanente) de água disponível, sendo multiplicado pela profundidade efetiva do sistema radicular da planta.

Conforme Farias (2007) o tipo de solo aliado a práticas agrônômicas que contribuam para uma melhor estruturação do solo e o aprofundamento do sistema radicular, corroboram para o aumento da capacidade de água disponível à planta. Regiões em que as distribuições das chuvas não são regulares e a taxa de evaporação da atmosfera é elevada (conjunto de elevada radiação solar, ventos fortes, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar), a disponibilidade hídrica no solo passa a ser fundamental para o sucesso de uma lavoura.

#### 3.1.4 Adubação

No que se refere a adubação de um cultivar, diversos fatores serão indicativos de influenciar a absorção de nutrientes, com destaque para as condições climáticas, concentração e disponibilidade de nutrientes presentes no perfil do solo, diferenças genéticas entre variedades e os tratos culturais empregados (EMBRAPA, 2011). Para Oliveira Jr. (2013) a adubação visando atender as necessidades da planta fundamenta-se na tríade do conhecimento do potencial de extração do nutriente pelo sistema solo-planta, a fertilidade no qual se encontra o solo de plantio e o potencial econômico de retorno pela cultura à aplicação.

Para Santos (2012) a adubação de maneira geral, pode ser definida pela necessidade nutricional da cultura, subtraindo os nutrientes fornecidos pelo solo e multiplicando este resultado por um fator de eficiência da adubação, ou seja, a quantidade efetiva de nutrientes absorvidos pelas raízes da planta e que será

transformado em matéria seca. Parte desta adubação é perdida pela volatilização, desnitrificação biológica e erosão do solo, outra parte é imobilizada, sendo de difícil absorção pelas raízes das plantas.

Para Mazurana (2011), da mesma forma, quando a adubação aplicada demasiadamente em solos desestruturados químico e fisicamente, devido a sua baixa capacidade de suporte de cargas químicas, atrelados a fatores internos como, teor de argila, agregação, densidade inicial, composição mineralógica dos solos, conteúdo de material orgânico e conteúdo de água, favorecem para as perdas nutricionais, seja pela forma de lixiviação ou erosão.

Conforme Floss (2011) dos 17 nutrientes considerados essenciais para o desenvolvimento de uma cultura, 13 estão diretamente envolvidos nos processos fotossintéticos, demonstrando claramente a importância do fornecimento de uma adubação equilibrada, possibilitando um retorno no rendimento produtivo de grãos.

### 3.2 EFICIÊNCIA DE USO DE NUTRIENTES

A eficiência na utilização de nutrientes pode ser definida como a capacidade da planta em utilizar os nutrientes e converter em produção, seja de: fibras, grãos, carboidratos, proteínas, entre outros. Para Petter et al. (2012) as condições edafoclimáticas estão intimamente associadas a eficiência do uso de nutrientes, desta forma afetando a dinâmica no uso dos fertilizantes.

Na análise da eficiência de uso de nutrientes alguns fatores são importantes, onde o clima, solo, dose aplicada de nutriente, potencial de resposta pela planta, entre outros elementos, poderão influenciar nas taxas de acúmulo, conversão vegetal e também na eficiência de utilização de nutrientes (SILVA, 2007).

De acordo com Graham (1984) eficiência do uso de nutrientes é a habilidade apresentada por um cultivar em fornecer altas produções num solo com déficit nutricional do mineral em estudo. Já para Lauchli (1987), esta eficiência é definida através da relação entre produção de grãos e concentração do nutriente no tecido da planta. Rotili et al. (2010) descreve que a influência da planta frente a eficiência na adubação, através de seleção de materiais adaptados

geneticamente às condições de baixa fertilidade possibilita o aumento no aproveitamento dos fertilizantes aplicados.

Na metodologia adaptada de Fischer et al. (1983) para obtenção do índice é levado em conta a diferença entre os ambientes de alto e de baixo nutriente, com vistas a identificar cultivares que sejam mais eficientes estatisticamente. Segundo Reina et al. (2014) em seus estudos de eficiência na adubação com soja através da metodologia adaptada de Fischer et al. (1983), para avaliação na Eficiência do Uso do Fósforo, os cultivares analisados apresentaram comportamento diferencial em função das doses aplicadas.

Conforme Hackenhaar (2013), também fazendo uso da metodologia adaptada de Fischer et al. (1983), com avaliação na adubação potássica em soja sob variação de doses, apresentou comportamento diferencial para conversão em óleo e proteína nos cultivares em estudo.

Para SANTOS (2015) na avaliação da Eficiência do Uso do Nitrogênio em cultivares de milho, o uso da metodologia adaptada de Fischer et al. (1983) possibilitou avaliar os teores de óleo presentes nos grãos desta cultura, assim classificando os diferentes genótipos quanto à Eficiência do Uso de Nitrogênio e conteúdo de óleo nos grãos;

Conforme Rotili et al. (2010) em seus estudos de avaliação da Eficiência do Uso do Fósforo de variedades de arroz cultivadas em solos de várzea irrigada possibilitou classificar as variedades quanto à Eficiência do Uso de Fósforo e responsiva a sua aplicação.

Para Cancellier et al. (2011) a utilização demasiada de nutrientes como o potássio, que possui elevada mobilidade nos solos tropicais, pode gerar problemas ambientais, além dos custos econômicos. Desta maneira, a seleção de cultivares com maior eficiência do uso de nutrientes é considerada uma maneira adequada para diminuir custos, e desta forma maximizar a metabolização no interior da planta, refletindo em ganhos de produtividade.

### 3.3 COMPOSIÇÃO DA SOJA

A composição química do grão de soja divide-se, principalmente, em: proteínas, lipídios, carboidratos, aminoácidos, minerais, água, entre outros



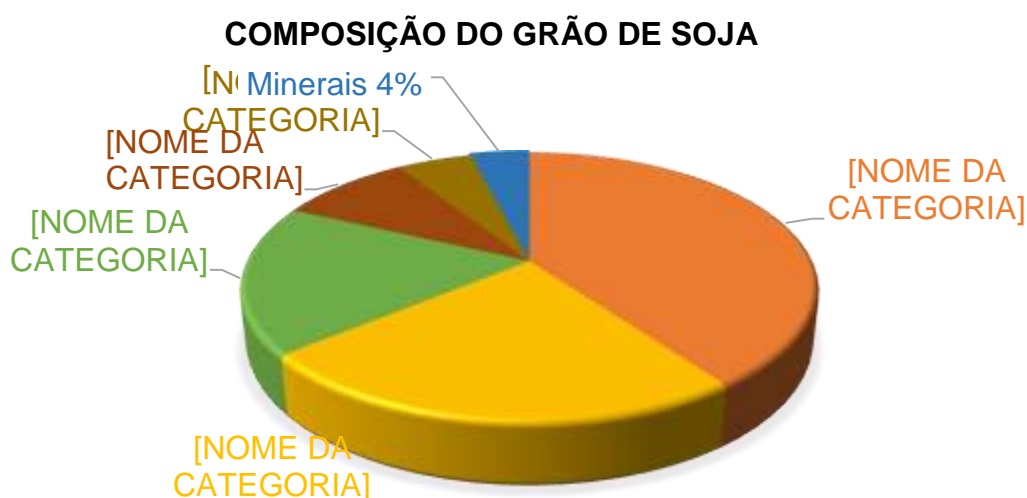
constituintes. Neste sentido, seus arranjos sofrem diferenças conforme a variedade, condições de plantio, épocas do ano em que se realiza a semeadura e as condições em que se dão o armazenamento da semente (EMBRAPA, 2013).

Os constituintes proteicos presentes no grão de soja são utilizados como alimento. Parte do óleo extraído do grão é direcionado ao consumo humano, como constituinte de óleo vegetal, margarinas, agentes emulsificantes, entre outras finalidades industriais e parte destinado ao mercado agroenergético na forma de biocombustíveis. O produto resultante da extração dos óleos é utilizado como fonte nutricional, na forma de farelo de soja concentrado (MANTOVANI, 2013).

Segundo Romão (2011), os resíduos proteicos são utilizados tanto na alimentação humana como animal, onde se enquadram na divisão de farinhas de soja (cerca de 50% de proteínas), concentrado proteico (70% de proteínas) e isolados proteicos de soja (90 a 97% de proteínas).

Para obter produtos com maior valor proteico, como o concentrado, a farinha de soja desengordurada recebe tratamento para a extração de componentes solúveis como os carboidratos (sacarose, rafinose e estaquiose), minerais e outros constituintes, elevando o conteúdo proteico para índices de 70% ou mais. Na figura 2 está representada a composição química média do grão de soja.

Figura 2. Composição média do grão de soja.



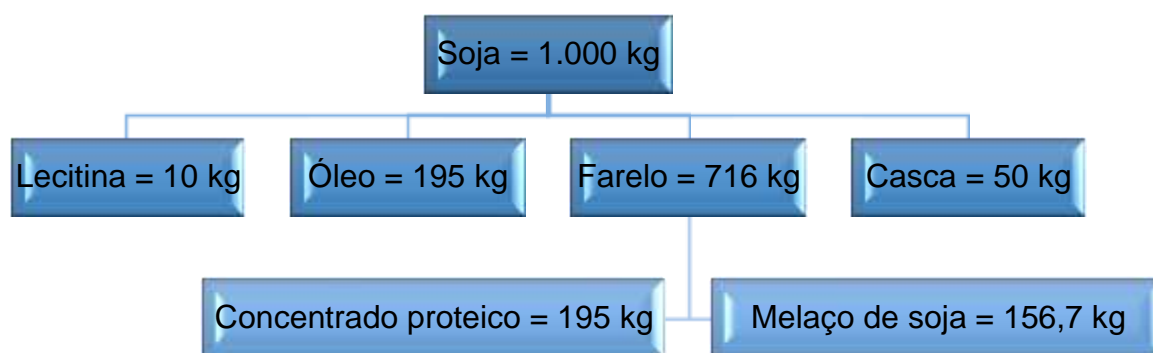
Fonte: Mantovani, 2013.

### 3.3.1 Melaço de soja

Segundo Mantovani (2013), um importante produto residual gerado no processo industrial da soja é o melaço, obtido na transformação do farelo de soja (48% de proteína) em concentrado proteico de soja (com teores elevados de proteína, entre 60 a 70%) utilizado na alimentação animal.

Para Fernandes & Miguel (2011), a obtenção dos carboidratos presentes nos resíduos do farelo de soja desengordurado, processo de extração que consiste na lavagem do farelo (após separado do óleo) utilizando uma concentração hidroalcoólica (na proporção de 7/1), obtendo um produto rico em açúcares, passível de sua utilização como matéria prima para a produção de etanol. Romão (2011) refere que no processo de transformação da soja, para cada tonelada que entra na indústria são gerados 156,7 kg do melaço de soja, estando na figura 3 as quantidades produzidas durante as etapas industriais da soja.

Figura 3. Fluxograma do balanço de massa do processo industrial da soja.



Fonte: Romão, 2011.

Em estudos realizados por Silva (2011) e Fernandes & Miguel (2011) foram obtidos uma média das concentrações presentes no melaço de soja, compostos pelos seguintes percentuais: 6% de proteína bruta, 40% de carboidratos totais, 6% de cinzas, 10% de lipídios e 0,1% de fibras. Estando a porção de carboidratos totais divididos em 8 g.L<sup>-1</sup> de glicose, 8 g.L<sup>-1</sup> de frutose, 77 g.L<sup>-1</sup> de sacarose, 23 g.L<sup>-1</sup> de rafinose e 84 g.L<sup>-1</sup> de estaquiose. Dentre os carboidratos mais presentes no melaço da soja estão a sacarose, rafinose e estaquiose que diferem entre si

pela quantidade de moléculas de galactose presa em suas estruturas, sendo que a sacarose não possui moléculas de galactose, a rafinose possui uma molécula ligada de galactose e a estaquiose apresenta duas moléculas ligadas (SILVA, 2011).

Para a mesma autora, a sacarose por ser um dissacarídeo apresenta a particularidade de poder ser hidrolisada, ao contrário dos organossacarídeos rafinose e estaquiose que não são diretamente fermentescíveis, portanto, devendo serem hidrolisados via enzimas  $\alpha$ -galactosidases (atacando as ligações  $\alpha$ -1,6), e somente assim podendo ser metabolizados pelas leveduras (geralmente *Saccharomyces cerevisiae*) para produção de etanol.

Conforme Reina (2014), devido a este elevado índice de concentração de carboidratos residuais no melaço de soja (cerca de 57% do peso seco) algumas empresas como a IMCOPA localizada em Ponta Grossa – PR e a SELECTA localizada em Araguari – MG, estão atualmente produzindo etanol a partir deste co-produto do processo industrial da soja.

### 3.3.2 Produção de etanol

Toda matéria prima que contenha carboidrato é passível de ser transformada para a obtenção de etanol, desta forma a composição do mosto que será fermentado deve estar adequado ao desenvolvimento dos micro-organismos, assim como a finalidade da sua atividade (SILVA, 2011).

Para a mesma autora, durante o processo fermentativo a levedura *Saccharomyces cerevisiae* não transforma os carboidratos estaquiose e rafinose à álcool. Neste processo com a hidrólise (ácida ou enzimática) a sacarose é hidrolisada e transformada a dois monossacarídeos fermentescíveis: glicose e frutose. Deste modo, na hidrólise é retirada a molécula mais externa de galactose que estava fixa a estaquiose, mas este processo não consegue hidrolisar a rafinose e a molécula de estaquiose.

Para Lima et al. (2001) e Siqueira (2007), alguns fatores como temperatura, pH, configuração do carboidrato ( $\alpha$  ou  $\beta$ ), tamanho da estrutura, concentração de açúcares, concentração da levedura, carga de contaminação bacteriana, entre

outros, interferem diretamente no processo de hidrolização e fermentação, acarretando em perdas na rentabilidade da conversão final à álcool.

### 3.4 CARBOIDRATOS

Nos grãos, de uma forma geral, os carboidratos compõem cerca de 70% do seu peso, uma vez que o amido é o principal constituinte de leguminosas como ervilha e lentilha, contudo o amido não está presente no grão de soja, assim explicando a dificuldade de cocção. De acordo com estudos desenvolvidos pela Embrapa (2013), as concentrações do grão de soja apresentam em média 38% de proteínas, 34% de carboidratos, 20% de óleos, além de outros constituintes orgânicos.

Na composição dos açúcares presentes no grão de soja, cerca de 50% está na forma de sacarose e os outros 50% restantes estão na composição de rafinose ( $C_{18}H_{32}O_{16}$ ) e estaquiose ( $C_{24}H_{42}O_{21}$ ) (OETTERER, 2006).

Para a mesma autora, alguns destes carboidratos estão associados com a formação de *flatulência* (acúmulo de gases no estômago e intestino), ocorrendo após a ingestão de leguminosas em indivíduos que não produzem a enzima  $\alpha$ -galactosidase, responsável pela hidrolização das ligações  $\alpha$ -galactosídicas, que chegam no intestino sem sofrer a digestão. A microflora anaeróbia fermenta os oligossacarídeos e os hidrolisa a monossacarídeos, produzindo nesta reação gás carbônico, hidrogênio e metano.

Carboidratos são também definidos como poliídrolaldeídos ou cetonas e seus derivados, unidos por ligações hemiacetálicas ou glicosídicas, que possuem configurações tridimensionais. Quanto à classificação, os carboidratos podem se diferenciar pelo tamanho da cadeia de ligações químicas, a fonte alimentícia e as funções dietéticas a serem empregadas. Porém de uma forma geral os carboidratos são classificados conforme os graus de polimerização dos mesmos (OETTERER, 2006).

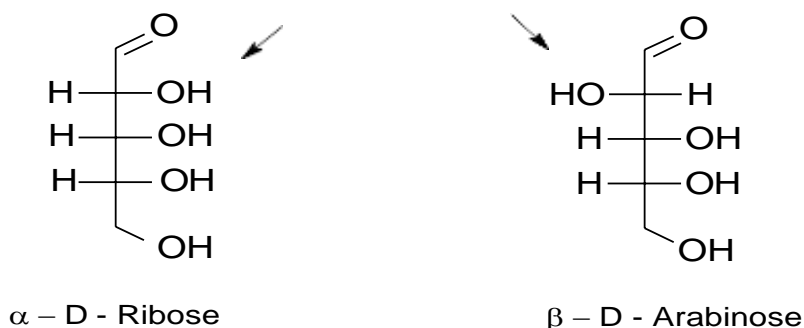
#### 3.4.1 Monossacarídeos

São carboidratos simples que não sofreram a polimerização e, em virtude disto não conseguem ser hidrolizados diretamente e adotando a análise da fórmula geral  $C_m(H_2O)_n$ , sendo  $m = n$ , estas ligações podem possuir 3, 4, 5 ou 6 átomos de carbono. Seguindo a classificação conforme a quantidade de “m” na ligação, fazem parte dos monossacarídeos: as trioses ( $m = 3$ ), tetroses ( $m = 4$ ), pentoses ( $m = 5$ ) e hexoses ( $m = 6$ ). Dentre estes, os destaques são as hexoses (glicose, galactose e frutose) (OETTERER, 2006).

Segundo Ordonez (2005), os monossacarídeos estão classificados em conformidade com a sua apresentação isométrica na ligação, seguindo como referência o grupo hidroxila do carbono 1 da projeção de *Fischer*<sup>1</sup>, quando este estiver voltado para a direita será isômero  $\alpha$  e quando voltado para a esquerda será isômero  $\beta$ . Para Ribeiro & Seravalli (2007) isto irá influenciar quanto a suscetibilidade do monossacarídeo frente a hidrólise, haja vista que isômeros  $\alpha$  são mais suscetíveis que isômeros  $\beta$ .

Conforme Ribeiro & Seravalli (2007) os monossacarídeos apresentam isomeria ótica, ou seja, possuem a capacidade de desviar a luz polarizada quando analisados em um polarímetro. Quando este desvio for no sentido horário (rotação positiva) a sua classificação será destrógiro (exemplo D-gliceraldeído) e quando o seu isômero ótico apresentar o desvio no sentido oposto, ou seja, à esquerda, será levógiro (exemplo L-gliceraldeído).

Figura 4. Representação isométrica dos monossacarídeos.



Fonte: Ribeiro e Seravalli, 2007.

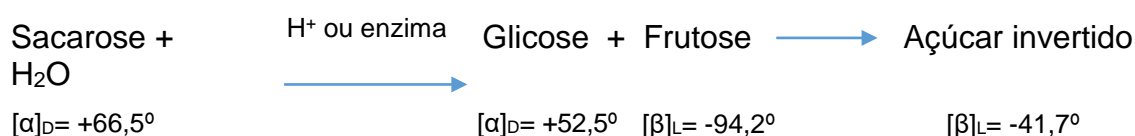
<sup>1</sup> Nessas projeções, as linhas na horizontal representam grupos que estão na frente do plano do papel e as linhas na vertical, os grupos que estão atrás do plano (PERUZZO & CANTO, 2006).

Segundo Benincasa (2012), os açúcares solúveis como a glicose, frutose e sacarose fazem parte de um grande número de alimentos, deste modo apresentam suas características estruturais de forma a possibilitar sua determinação qualitativa e quantitativa. A glicose apresenta uma função aldeído livre em sua constituição, já a frutose apresenta uma função cetona livre, assim estas estão capacitadas a reduzir cátions, transformando-se em produtos mais oxidados.

Fernandes & Miguel (2011) referem que a sacarose não é um açúcar redutor, o que significa que os dois grupos redutores dos monossacarídeos que a formam estão envolvidos na ligação glicosídica, devido o átomo de carbono C<sub>1</sub> da glicose e C<sub>2</sub> da frutose participarem da ligação. Para Benincasa (2012) a sacarose não possui a características de apresentar uma função aldeído ou cetona livre, sem sofrer hidrólise da ligação glicosídica, deste modo recebe a denominação de açúcar não redutor.

A sacarose é formada por glicopirranose e frutofuranose, possuindo uma rotação óptica positiva de 66,5° e quando sofre a hidrólise libera a glicopirranose que possui uma rotação positiva de 52,5°. Já a frutofuranose quando liberada e convertida na forma piranosídica, mais estável e com uma rotação negativa de -94,2°, desta forma ocorrendo uma transformação na rotação óptica de positiva, na forma de sacarose, para negativa na sacarose hidrolisada com rotação de -41,7°, em virtude disto a sacarose hidrolisada é conhecida por açúcar invertido (RIBEIRO & SERAVALLI, 2007). Abaixo (figura 5) segue a representação da transformação da sacarose em monossacarídeos (açúcar invertido), processo este que pode ser realizado tanto na forma enzimática como também com aditivos ácidos.

Figura 5. Processo de hidrólise da sacarose.



Fonte: Ribeiro e Seravalli, 2007.

### 3.4.2 Dissacarídeos

São dois carboidratos simples que sofreram uma ligação glicosídica, pois desta união de dois monossacarídeos ocorre a perda de uma molécula de água, ficando a fórmula geral  $C_m(H_2O)_n$ , sendo  $n = m - 1$ . Como exemplos desta classificação temos a sacarose (ligação de glicose com frutose), a lactose (ligação de glicose e galactose) e a maltose (ligação de duas glicoses).

Para Benincasa (2012) a sacarose é um dissacarídeo de fórmula molecular  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , muito conhecida na alimentação humana como açúcar produzido pela cana-de-açúcar, que ao ser hidrolisada fornece uma mistura equimolar composta por glicose e frutose, sendo estes dois monossacarídeos. Do ponto de vista industrial, os monossacarídeos originados da sacarose hidrolisada, apresentam um sabor mais adocicado, sendo assim, são mais utilizados para a produção de refrigerantes, doces, sorvetes e adoçantes.

### 3.4.3 Açúcares redutores totais

Os monossacarídeos e dissacarídeos aparecem naturalmente de forma estável em anel, no entanto, são muito ativos e quando na presença de álcalis ocorre o rompimento da ligação, deixando a molécula aberta e com um grupamento redutor, sendo passível da ocorrência de reações de oxidação, resultando no escurecimento não enzimático (reação de Maillard). Para a produção de açúcar, a glicose e frutose (redutores) não são desejados devido ao escurecimento produzido, já esse processo não ocorre com a sacarose. Entretanto, para a produção de álcool os açúcares redutores têm vantagem porque recebem o ataque direto das leveduras.

Segundo Nunes (2013) em estudo realizado com resíduo gerado a partir da industrialização do arroz, foi possível obter 11,5% em massa de açúcar redutor, com uma estimativa de produção de etanol de  $46 \text{ l.ton}^{-1}$  do resíduo. Ressalta-se que seu estudo utilizou resíduos amiláceos, característica estrutural diferente da soja, com diferenciação no processo de obtenção dos açúcares fermentescíveis.

Para a mesma autora, a utilização de fontes açucaradas para produção etanólica, com rendimento que sejam similares aos utilizados no meio industrial

(cana-de-açúcar, mandioca, batata, resíduos, etc.), auxiliará na eliminação da problemática da utilização de alimentos como fontes alternativas de energia.

#### 3.4.4 Oligossacarídeos

São ligações entre 2 a 10 monossacarídeos hidrolisáveis que são resultados de ligações glicosídicas, nesse modo, cada vez que dois monossacarídeos se unem ocorre a perda de uma molécula de água. Exemplos de oligossacarídeos está a rafinose  $C_{18}H_{32}O_{16}$  (galactose + glicose + frutose) e estaquiase  $C_{24}H_{42}O_{21}$  (galactose + galactose + glicose + frutose), estas duas estão presentes no melão. Esta forma de açúcar não é digerida pelo intestino humano, mas sendo fermentada por bactérias, causando mal-estar e flatulência.

#### 3.4.5 Polissacarídeos

Os polissacarídeos são oriundos da união de diversos monossacarídeos e quando esta união ocorre, existe a perda de uma molécula de água, possuindo como fórmula geral  $[C_6(H_2O)_5]^n$ . São exemplos o amido, celulose e pectinas. Para Coultate (2004), são polímeros de alto peso molecular, podendo ser de cadeia linear (exemplo amiloses) ou de cadeia ramificada (exemplo amilopectinas).

### 3.5 FISILOGIA E ATUAÇÃO DOS CARBOIDRATOS

No estudo da fisiologia vegetal, alguns fatores desempenham funções primordiais no desenvolvimento das plantas. Quando ocorrem variações anormais no ciclo de cultivo, como exemplo do estresse hídrico e térmico, de alguma forma ocasionam alterações nas funções fisiológicas da planta, resultando em um desbalanceamento, tanto nas absorções de solutos e minerais, como também na produção dos fotoassimilados, deste modo, reduzindo sua produtividade final.

#### 3.5.1 Estresse hídrico



Em situações de estresse hídrico, os níveis de sacarose são aumentados progressivamente nas plantas, motivado pelo incremento na biossíntese de sacarose, possivelmente atribuído ao aumento da atividade da enzima sacarose fosfato sintase que atua diretamente na célula fotossintética citosol, sendo responsável por proteger a integridade de membranas e proteínas (HOEKSTRA et al., 2001).

Para Lacerda et al. (2007) a sacarose é sintetizada no citosol, ao passo que a triose-fosfato formada pela fotossíntese deve deixar o cloroplasto durante o ciclo respiratório. Ao mesmo tempo, síntese de ATP no cloroplasto requer o suprimento de fosfato inorgânico do citosol. Deste modo, as sínteses de amido e de sacarose competem pelas trioses-fosfato (gliceraldeído-3-fosfato) produzidas na fotossíntese.

Segundo o mesmo autor, quando a demanda por sacarose em outras partes da planta é alta, menos carbono é estocado como amido nas folhas fonte e mais sacarose é translocada via floema. Em drenos de armazenamento, o carbono transportado pode ser acumulado como sacarose ou hexoses nos vacúolos ou como amido nos amiloplastos. Como na soja não são produzidos nem estocados amidos, toda a sacarose será destinada para armazenamento de carboidratos ou como síntese de outros produtos.

A sacarose pode ser convertida, também, para outras formas de estoque, como proteínas e lipídios (nestes casos, os açúcares entram no processo de respiração e produzem esqueletos de carbono para a síntese de aminoácidos e ácidos graxos, os quais vão produzir proteínas e lipídios, respectivamente).

Porém para Taiz & Zeiger (2006), sob estresse hídrico a planta altera seu metabolismo sob diferentes maneiras, a fim de adaptar-se à condição ambiental, aumentando a concentração de sacarose no interior dos vacúolos celulares e reduzindo, assim, a destinação da mesma para outros drenos.

Para Chaves-Filho & Stacciarini-Seraphin (2001), plantas submetidas a deficiência hídrica buscam mecanismos de adaptabilidade, com o propósito de terem uma produção satisfatória e assim perpetuarem sua espécie. Uma das formas de minimizarem os danos causados pela deficiência hídrica é o acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos.

Este mecanismo, denominado ajustamento osmótico é considerado um dos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, permitindo, principalmente, a manutenção da abertura estomática e fotossíntese sob condições de baixo potencial hídrico no solo.

Para as mesmas autoras acima citadas, este ajustamento osmótico embora não impeça que a taxa fotossintética seja reduzida, porém com a manutenção da turgescência permite que a fotossíntese e outras importantes atividades fisiológicas sejam mantidas, mesmo em baixas condições hídricas. Deste modo as autoras concluem que:

A importância e contribuição dos solutos envolvidos no ajustamento osmótico em resposta à baixa disponibilidade de água varia com a espécie (Morgan, 1984). Em forrageiras tropicais, o potássio e o cloro foram apontados como sendo os solutos que mais contribuem (Ford & Wilson, 1981) enquanto que em soja, os principais solutos acumulados foram os aminoácidos, a glicose, a frutose e a sacarose (Meyer & Boyer, 1981) apud (CHAVES-FILHO & STACCIARINI-SERAPHIN, 2001, pg. 200).

Conforme Vieira (2013), na cultura da soja os carboidratos desempenham um papel fundamental para a manutenção do ajuste osmótico, estando entre os principais solutos acumulados. Quantidades elevadas de carboidratos indicam maiores reservas metabólicas para o desenvolvimento vegetal, mas principalmente, maior possibilidade de ter um bom ajuste osmótico devido à presença de osmossolutos em seus tecidos.

Segundo a mesma autora, existe uma forte correlação entre o acúmulo de açúcares e a tolerância ao estresse osmótico em plantas. Quando submetidas a estresse hídrico é possível observar um aumento no acúmulo de carboidratos, possivelmente relacionadas à taxa de translocação de osmossolutos para dentro dos drenos de armazenamento, visando ao restabelecimento do ajustamento osmótico.

### 3.5.2 Estresse térmico

Conforme Assis et al. (s.d) a temperatura determina a forma da curva de resposta à luz em uma cultura, devido a fotossíntese envolver reações

bioquímicas catalisadas por enzimas. A curva de resposta da atividade fotossintética à temperatura pode ser dividida em três categorias: insuficiente, ótima e excessiva.

Segundo o mesmo autor, em temperaturas abaixo de 20 °C, ocorre a taxa de fotossíntese insuficiente na cultura da soja, devido à baixa atividade das enzimas que promovem a reação do dióxido de carbono com a água (enzimas carboxilativas). Para esta cultura, a taxa ótima para a curva de resposta da fotossíntese ocorre em temperaturas entre 25 a 30 °C.

Conforme Vieira (2013) a temperatura tem influência direta nas taxas de translocação dos solutos orgânicos, devendo estar em uma faixa de temperatura ótima (entre 20 a 30 °C), de maneira geral o aumento de temperatura aumenta a taxa de translocação até certo ponto. Para Assis et al. (s.d), em temperaturas superiores de 30 °C a curva de resposta para a fotossíntese passa a ser excessiva, reduzindo a atividade fotossintética a praticamente zero quando a temperatura ultrapassar aos 40 °C.

O mesmo autor relata que altas temperaturas reduzem a atividade fotossintética, pela inativação térmica de enzimas, dissecação de tecido e fechamento dos poros dos estômatos das folhas. Por outro lado, acima de 30 °C, a respiração celular aumenta numa taxa mais rápida do que a fotossíntese.

Para Casaroli et al. (2007), durante o processo fotossintético, os fotoassimilados convertidos em ATP e coenzimas são enviados ao ciclo respiratório de Calvin e transformados em açúcares e/ou cadeias de carbonos. Nas plantas C<sub>3</sub> como a soja, são formadas moléculas compostas por 3 carbonos (3P-glicérico). Neste processo a enzima rubisco atua como responsável na carboxilação e oxigenação.

Para os mesmos autores acima citados, temperaturas elevadas interferem na eficiência fotossintética da atividade oxigenase no processo fotorrespiratório da rubisco, onde as concentrações de O<sub>2</sub> são maiores do que de CO<sub>2</sub>, dentro da célula.

Paula (2011), refere que ficou evidente os efeitos causados na cultura da soja, quando em seus estudos submeteu diversos cultivares em exposição a diferentes níveis de temperaturas, sendo assim, o estresse térmico proporcionou

acúmulos significativos de carboidratos nos órgãos de reserva da planta, principalmente na forma de sacarose.

Conforme Floss (2011) na fase de desenvolvimento e enchimento dos grãos, o aumento da temperatura proporciona um crescente estímulo no seu desenvolvimento, no entanto, a taxa de enchimento destas sementes não acompanha ao ponto de compensar a redução do período de enchimento das mesmas.

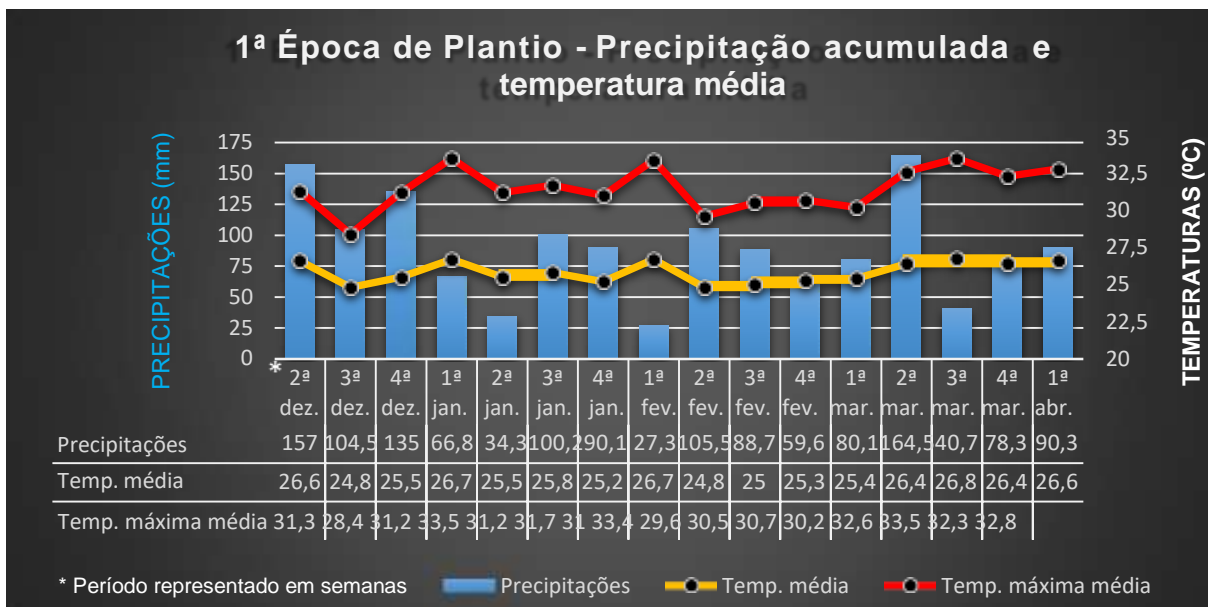
Diante disto, o mesmo autor afirma que com o aumento da temperatura a conversão da sacarose em proteínas e lipídios é reduzida, assim como ocorre uma redução das suas atividades enzimáticas.

#### **4 MATERIAL E MÉTODOS**

No ano agrícola de 2013/14, foram realizados quatro ensaios de competição de cultivares de soja no Centro Agrotecnológico da Universidade Federal do Tocantins, Câmpus de Palmas (10°45' S; 47°14' W; e 220 m de altitude), sendo dois instalados em 05 de dezembro de 2013 e dois em 23 de janeiro de 2014, em solo do tipo Latossolo vermelho amarelo distrófico.

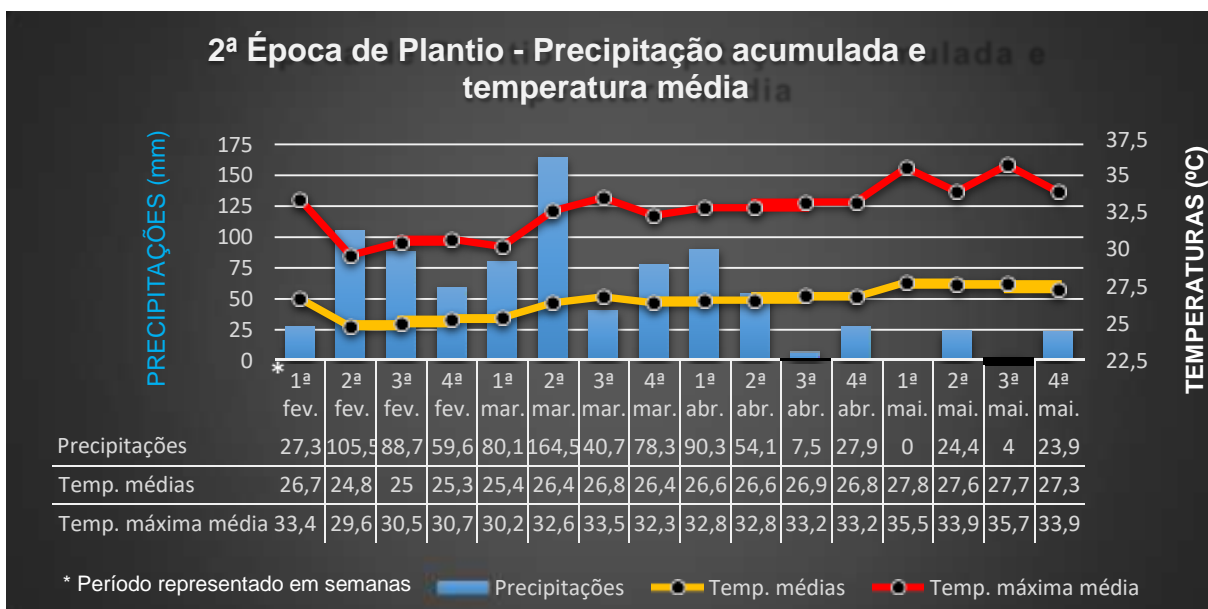
Em cada época de semeadura, os cultivares foram semeados sob condições de alto e baixo potássio (200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O respectivamente). Para a definição de uso das doses de alto e baixo fósforo foi realizada, inicialmente, a análise de solo que apresentou os seguintes resultados: pH (H<sub>2</sub>O): 4,1; K:14,0 mg dm<sup>-3</sup>; P: 1,5 mg dm<sup>-3</sup>; Ca: 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg: 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; M.O.: 12 g kg<sup>-1</sup>; CTC: 4,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e saturação por bases (V): 26,7%. Em seguida, foi realizada a indicação de adubação, que resultou em uma dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (EMBRAPA, 2013). Assim, foi estabelecido um extremo de 80 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> para mais e para menos, ou seja, ficando a condição de baixo potássio em 40 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e o alto potássio em 200 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Os dados de precipitação e temperatura média, ao longo do período de condução dos ensaios, são apresentados nas figuras 6 e 7.

Figura 6. Índices de precipitação e temperatura entre a 2ª semana de dezembro de 2013 e 1ª semana de abril de 2014, referente a 1ª época de semeadura (05/12/2014).



Fonte: INMET - Sistematizado pelo autor.

Figura 7. Índices de precipitação e temperatura entre a 1ª semana de fevereiro de 2014 e 4ª semana de maio de 2014, referente a 2ª época de sementeira (23/01/2014).



Fonte: INMET - Sistematizado pelo autor.

O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi o de blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram

representados pelas cultivares de soja BRS 333 RR, BRS 33871 RR, BRS 325 RR, M 9144 RR, P 98Y70 RR, TMG 1180 RR e TMG 1288 RR.

A parcela experimental foi composta de quatro linhas de 5,0 m de comprimento, com 0,45 m de espaçamento. A área útil de cada parcela foi representada pelas duas fileiras centrais, constituindo, assim, uma área de 3,6 m<sup>2</sup>; no entanto, no momento da colheita 0,45 m da ponta de cada linha central foi descartado.

Após uma análise prévia do solo foi realizada inicialmente a calagem, utilizando duas toneladas de calcário dolomítico Filler ha<sup>-1</sup>. O preparo do solo foi efetuado 30 dias após a correção e consistiu das operações de aração, gradagem e sulcamento.

A adubação de semeadura foi realizada conforme as exigências da cultura. No momento da semeadura foram realizados o tratamento das sementes com fungicidas, seguido de inoculação com de *Bradyrhizobium japonicum*.

A densidade de semeadura foi de 12 plantas por metro linear e o controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado sempre que necessário. As plantas de cada parcela experimental foram colhidas uma semana após terem atingido 95% das vagens maduras, ou seja, no estágio R8 da escala de Fehr et al. (1971).

Com base na área útil da parcela, foi realizada a correção da umidade das sementes para 12%. Em seguida, três amostras, contendo 100 gramas de sementes de cada parcela, foram separadas para a determinação dos Açúcares Redutores Totais.

Conforme Maldonade (2013), o material a ser analisado passou por hidrólise ácida e a quantificação de Açúcar Redutor Totais foi realizada por Ácido 3,5-dinitrosalicílico – DNS, cujo princípio consiste em meio básico e à temperatura elevada, o ácido 3,5-dinitrosalicílico passar a 3-amino-5-nitrosalicílico, produzindo uma reação de oxido-redução pelo grupo hidroxílico hemiacetálico do monossacarídeo (oxidando o monossacarídeo redutor), que reagem com íons e formam complexos coloridos, desenvolvendo uma coloração amarelo café que absorve a 540 nm em espectrofotômetro.

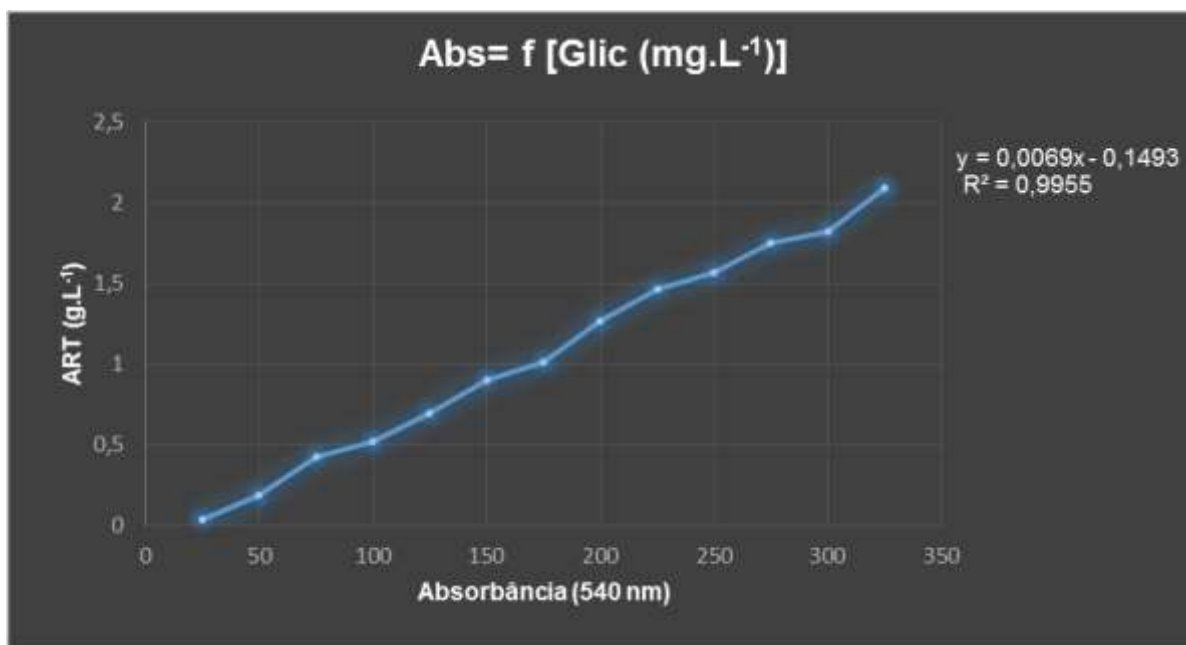
Para análise dos Açúcares Redutores Totais foi feito a curva padrão de glicose, onde foram preparados 11 tubos de ensaio, cada um contendo 1000 µL

do reagente DNS, com diferentes quantidades de água destilada e glicose (50-500  $\mu\text{L}$ ), sempre perfazendo um total de 2000  $\mu\text{L}$  em cada tubo de ensaio. Na sequência, todos foram levados à fervura em banho-maria durante 5 minutos. Após resfriamento foram realizadas as leituras em espectrofotômetro Hach DR 5000 em comprimento de onda de 540 nm.

Após a confecção da curva padrão da glicose procedeu-se com as análises das amostras, que consistiam do material desengordurado e hidrolisado. Uma alíquota de 50  $\mu\text{L}$  do hidrolisado, após filtração, foi adicionada à 950  $\mu\text{L}$  de água e 1000  $\mu\text{L}$  do reagente DNS e tratada conforme mencionado na construção da curva padrão. A relação da concentração de Açúcares Redutores Totais foi obtida pela leitura da absorbância em espectrofotômetro.

O equipamento foi calibrado com uma amostra contendo apenas água e reagente DNS (branco), processada da mesma forma que as demais amostras. A determinação dos Açúcares Redutores Totais realizada durante o processo de hidrólise do material em análise foi obtida pela Curva Padrão de Glicose (figura 8), que representa a absorbância em função da concentração ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) de glicose.

Figura 8. Representação da Curva Padrão de Glicose ( $1 \text{ g.L}^{-1}$ ).



Fonte: Sistematizado pelo autor.

Os dados da Curva Padrão de glicose e absorbância foram representados e descritos com maiores detalhes no quadro 1.

Quadro 1. Leitura de Absorbância a 540 nm obtidas para diferentes concentrações de glicose.

Curva Padrão de Glicose (1 g.L <sup>-1</sup> )			
V (µL)	m (g)	Abs (540 nm)	Glicose (mg.L <sup>-1</sup> )
50	0,05	0,035	25
100	0,10	0,183	50
150	0,15	0,421	75
200	0,20	0,518	100
250	0,25	0,690	125
300	0,30	0,902	150
350	0,35	1,009	175
400	0,40	1,267	200
450	0,45	1,461	225
500	0,50	1,565	250
550	0,55	1,921	300

Fonte: Sistematizado pelo autor.

Posteriormente, foi determinado o rendimento médio de Açúcares Redutores Totais (Kg ha<sup>-1</sup>), obtido através do produto do teor de Açúcar Redutor Total (%) pelo rendimento de grãos (Kg ha<sup>-1</sup>).

Em seguida, para cada cultivar e característica, foi avaliada a Eficiência do Uso de Potássio, segundo metodologia adaptada de Fischer et al. (1983), a partir do índice de eficiência (EUK), obtido pela equação 1:

#### Eficiência do Uso do Potássio

onde,

$Y_a(K^-)$  é o teor ou rendimento de açúcares redutores totais (ART) do cultivar “a” sob baixo K;

$Y_a(K^+)$  é o teor ou rendimento de ART do cultivar “a” sob alto K,

$Y_{\bar{x}}(K^-)$  é o teor ou rendimento de ART de todos os cultivares sob baixo K,

$Y_{\bar{x}}(K^+)$  é o teor ou rendimento de ART de todos os cultivares sob alto K.



Os índices de EUK são utilizados para classificar os cultivares como eficientes (índice acima da média sob alto e baixo potássio) e não eficientes (índice abaixo da média sob alto e baixo potássio), uma vez que são utilizadas as médias dos cultivares sob alto e baixo potássio.

Com o intuito de obter apenas um índice médio de eficiência por cultivar, independentemente das épocas de semeadura, foram gerados, inicialmente, quatro índices de eficiência por época por cultivar, oriundos dos quatro valores de Açúcares Redutores Totais obtidos em alto e, também, em baixo potássio. Assim, foram obtidos oito índices de eficiência/cultivar nas duas épocas, que foram submetidos à análise de variância individual.

Para cada característica, foi realizada análise de variância de cada ensaio e, posteriormente, análise conjunta dos ensaios em que o menor quadrado médio residual não diferiu em mais de sete vezes do maior (CRUZ & REGAZZI, 2007).

As médias foram agrupadas por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância. No modelo estatístico considerou-se fixo o efeito do cultivar e dos ambientes.

Os dados de eficiência para teores médios de Açúcares Redutores Totais (%) e rendimento médio de Açúcares Redutores Totais ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (SILVA, 2009). Posteriormente, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância.

As análises foram realizadas utilizando o programa Computacional Genes, versão 2007 (CRUZ, 2007).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PRODUÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES TOTAIS

A análise de variância conjunta (quadro 2), apresentou efeito não significativo de cultivar e, significativo para ambiente e interação cultivar x ambiente, esta última, indicando que os efeitos isolados dos fatores cultivares e ambientes não explicam toda a variação encontrada. O coeficiente de variação foi baixo, indicando boa precisão dos experimentos segundo Costa et al. (2002).

Conforme Pires et al. (2012) a introdução de genótipos não adaptados a certas condições edafoclimáticas, possivelmente, receberão alterações no seu desempenho, tanto no desenvolvimento normal da planta quanto na produtividade, estando estas consequências diretamente relacionadas com as condições ambientais em consequência da interação G x A.

Quadro 2. Resumo da análise de variância conjunta para o teor de açúcares redutores totais (ART) (%) em sete cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas - TO.

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio (QM)
-------------------	--------------------	---------------------

(FV)	(GL)	% ART
Bloco/ambiente	12	0,03
Cultivar	6	60,07 <sup>ns</sup>
Ambiente	3	426,34 <sup>**</sup>
Cultivar x ambiente	18	36,86 <sup>**</sup>
Erro	36	0,02
Média	---	14,43
CV %	---	0,94

% ART: teor de açúcares redutores totais (%); ns: não significativo; \*\* significativo a 1% pelo teste F.

Os resultados das médias para o teor de Açúcares Redutores Totais encontram-se no quadro 3.

Sob alto potássio (alto K), na primeira época (época I - 05/01), houve separação total dos cultivares, sendo formados setes grupos de médias. O cultivar TMG 1288 RR apresentou, isoladamente, o maior teor médio de Açúcares Redutores Totais (18,06%), seguido de BRS 33871 RR (15,41%) e TMG 1180 RR (14,89%). Por outro lado, os menores teores médios foram obtidos por BRS 325 RR (9,54%) e M 9144 RR (13,31%).

Para a 2ª época (época II - 23/01), sob alto K, também foram formados sete grupos de médias. Assim, como o ocorrido na primeira época sob alto K, novamente o cultivar TMG 1288 RR obteve o maior valor médio (23,45%), seguido por TMG 1180 RR (22,03%) e M 9144 RR (21,76%). Os menores teores médios foram obtidos por BRS 325 RR (15,81%), que também apresentou baixo valor na primeira época, e BRS 333 RR (14,09 %).

Quadro 3. Média do teor de açúcares redutores totais (%) de sete cultivares de soja, sob dois níveis de adubação potássica em duas épocas de semeadura em Palmas – TO, safra 2013/2014.

Cultivar	Época I (05/12)		Época II (23/01)		Média
	Baixo K	Alto K	Baixo K	Alto K	
BRS 333 RR	9,73 cD	14,52 dA	9,94 gC	14,09 gB	12,06 f
BRS 33871 RR	8,66 dD	15,41 bC	15,76 cB	17,45 eA	14,32 e
BRS 325 RR	7,85 eD	9,54 gC	14,23 eB	15,81 fA	11,85 g
M 9144 RR	11,49 aD	13,31 fB	13,17 fC	21,76 cA	14,93 c
P 98Y70 RR	11,12 bD	13,75 eC	14,57 dB	18,79 dA	14,55 d
TMG 1180 RR	11,23 bD	14,89 cC	17,15 bB	22,03 bA	16,32 b
TMG 1288 RR	6,64 fD	18,06 aC	19,73 aB	23,45 aA	16,97 a
<b>Média</b>	9,53 D	14,21 C	14,93 B	19,05 A	14,43

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Sob alto potássio, tanto na 1ª como na 2ª época de semeadura, os cultivares TMG 1288 RR e TMG 1180 RR apresentaram o maior conteúdo médio de Açúcares Redutores. Ressalta-se que, TMG 1288 RR não apresentou diferença significativa entre as duas épocas. Por outro lado, BRS 325 RR, apresentou o pior desempenho em ambas as épocas

Sob baixo K, na 1ª época (05/12), foram formados seis grupos de médias de plantio, onde M 9144 RR obteve o maior valor médio (11,49%), seguido por TMG 1180 RR (11,23%) e P 98Y70 RR (11,12%), que não se diferiram significativamente. Em contrapartida, os menores teores médios foram obtidos por BRS 325 RR (7,81%) e TMG 1288 RR (6,64%).

Na segunda época (23/01), sob baixo K, houve separação total dos cultivares. O cultivar TMG 1288 RR apresentou, isoladamente, o maior teor médio de Açúcares Redutores (19,73%), seguido de TMG 1180 RR (17,15%) e BRS 33871 RR (15,76%). Por outro lado, os menores teores médios foram obtidos por BRS 325 RR (14,23%), que também apresentou baixo valor na época I, além de BRS 333 RR (9,94%) e M 9144 RR (13,17%).

Em ambas as épocas de semeadura, sob baixo potássio, merece destaque o cultivar TMG 1180 RR, que teve um maior teor médio na segunda época de semeadura. Em cada uma das épocas de semeadura, sob alto potássio, os cultivares apresentaram os maiores valores médios para teor de Açúcares Redutores Totais, em relação ao cultivo sob baixo potássio.

Segundo (TAIZ & ZEIGER, 2006), sob condições de baixo nível de adubação mineral, com especial referência para o fósforo, os carboidratos oriundos da fotossíntese (triose fosfato e hexose fosfato), que seriam trocados com o fosfato mineral e, posteriormente, utilizados em outras partes da célula e da planta para síntese de hexoses e aminoácidos, se acumulam nos cloroplastos. Como resultante deste acúmulo, são formados cristais que podem danificar os cloroplastos, paralisar a fotossíntese e prejudicar a síntese de hexoses e aminoácidos.

De modo geral, na 2ª época de semeadura (23/01), foram obtidos os maiores valores médios para o teor de Açúcares Redutores Totais, tanto em baixo como em alto potássio devido, provavelmente, às maiores temperaturas médias e

baixos índices pluviométricos que ocorreram neste período (figura 7, pg. 32) em relação à primeira época (figura 6, pg. 31), que resultaram em estresses térmico e hídrico.

Em situações de estresse hídrico, os níveis de sacarose são aumentados progressivamente nas plantas, motivado pelo incremento na biossíntese de sacarose, possivelmente, atribuído ao aumento da atividade da enzima sacarose fosfato sintase, (HOEKSTRA et al., 2001) e que compete pelas trioses-fosfato (gliceraldeído-3-fosfato) produzidas na fotossíntese (LACERDA et al., 2007).

Segundo Lacerda et al. (2007), quando a demanda por sacarose em outras partes da planta é alta, menos carbono é estocado como amido nas folhas fonte e mais sacarose é translocada via floema. Em drenos de armazenamento, o carbono transportado pode ser acumulado como sacarose, que será destinada para armazenamento de carboidratos ou como síntese de outros produtos.

Para Vieira (2013), na cultura da soja os carboidratos desempenham um papel fundamental para a manutenção do ajuste osmótico, estando entre os principais solutos acumulados. Quantidades elevadas de carboidratos indicam maiores reservas metabólicas para o desenvolvimento vegetal, mas principalmente, maior possibilidade de ter um bom ajuste osmótico devido à presença de osmossolutos em seus tecidos.

Segundo os mesmos autores, existe uma forte correlação entre o acúmulo de açúcares e a tolerância ao estresse osmótico em plantas. Quando submetidas a estresse hídricos é possível observar um aumento no acúmulo de carboidratos, provavelmente relacionadas à taxa de translocação de osmossolutos para dentro dos drenos de armazenamento, visando ao restabelecimento do ajustamento osmótico.

Para Chaves-Filho & Stacciarini-Seraphin (2001), plantas submetidas a deficiência hídrica buscam mecanismos de adaptabilidade, com o propósito de terem uma produção satisfatória e, assim, perpetuarem sua espécie. Uma das formas de minimizarem os danos causados pela deficiência hídrica é o acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos.

Com relação ao estresse térmico, segundo Vieira (2013), a temperatura tem influência direta nas taxas de translocação dos solutos orgânicos, sendo a faixa ótima entre 20 a 30 °C. De modo geral, há aumento na translocação com

aumentos na temperatura, que resultam em acúmulos significativos de carboidratos nos órgãos de reserva da planta, principalmente na forma de sacarose (PAULA, 2011).

Além disso, sob altas temperaturas, na fase de enchimento de grãos, a conversão da sacarose em proteínas e lipídios é reduzida, assim como ocorre uma redução das suas atividades enzimáticas (FLOSS, 2011).

## 5.2 RENDIMENTOS DE AÇÚCARES REDUTORES TOTAIS

A análise de variância conjunta (quadro 4), apresentou efeito não significativo de cultivar e significativo para ambiente e interação cultivar x ambiente. A não significância para cultivares indica que não existe uma variabilidade genética entre os cultivares em estudo. O coeficiente de variação foi baixo, indicando boa precisão dos experimentos segundo Costa et al. (2002).

Quadro 4. Resumo da análise de variância conjunta para os rendimentos de Açúcares Redutores Totais (RART) (kg ha<sup>-1</sup>) em sete cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas - TO.

Fator de Variação (FV)	Graus de Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM)
		RART (kg ha <sup>-1</sup> )
Bloco/ambiente	12	79814,94
Cultivar	6	1061237,68 <sup>ns</sup>
Ambiente	3	75245892,14 <sup>**</sup>
Cultivar x ambiente	18	675544,47 <sup>**</sup>
Erro	36	47887,45
Média	---	2590,67
CV %	---	8,45

\* Rendimentos de açúcares redutores totais; ns: não significativo; \*\* significativo a 1% pelo teste F.

Os resultados para o rendimento médio de Açúcares Redutores Totais encontram-se no quadro 5.

Para as condições de alto K, na primeira época (época I - 05/01), foram formados seis grupos de médias. O cultivar TMG 1288 RR apresentou, isoladamente, o maior teor de rendimento de açúcares redutores (775,81 kg ha<sup>-1</sup>),

seguido de BRS 333 RR (701,13 kg ha<sup>-1</sup>), BRS 33871 RR (653,55 kg ha<sup>-1</sup>) e TMG 1180 RR (639,36 kg ha<sup>-1</sup>). Por outro lado, os menores teores médios foram obtidos por P 98Y70 RR (534,34 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS 325 RR (419,11 kg ha<sup>-1</sup>).

Para a 2ª época (época II – 23/01), sob alto K, foram formados sete grupos de médias. Assim, como o ocorrido na primeira época sob alto K, novamente o cultivar TMG 1288 RR obteve o maior teor (357,27 kg ha<sup>-1</sup>) seguido por TMG 1180 RR (318,95 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS 33871 RR (302,01 kg ha<sup>-1</sup>). Os menores teores médios foram obtidos por BRS 333 RR (176,12 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS 325 RR (138,88 kg ha<sup>-1</sup>), onde este último também apresentou baixo valor médio na primeira época.

Sob alto potássio, tanto na 1ª como na 2ª época de semeadura, o cultivar TMG 1288 RR apresentou os maiores teores de rendimento de Açúcares Redutores. Ressalta-se que TMG 1288 RR não apresentou diferença significativa entre as duas épocas. Por outro lado, BRS 325 RR, apresentou o pior desempenho em ambas as épocas.

Sob baixo K, na 1ª época (05/12), foram formados três grupos de médias de plantio, onde TMG 1180 RR obteve o maior valor médio (420,16 kg ha<sup>-1</sup>) sem, contudo, diferir significativamente de BRS 33871 RR (410,20 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS 333 RR (397,11 kg ha<sup>-1</sup>) que não se diferiram significativamente. Por outro lado, os menores teores médios foram obtidos por BRS 325 RR (252,43 kg ha<sup>-1</sup>) e TMG 1288 RR (228,04 kg ha<sup>-1</sup>).

Na segunda época (23/01), sob baixo K, foram formados cinco grupos de médias. O cultivar TMG 1288 RR apresentou, isoladamente, o maior teor de rendimento de Açúcares Redutores (291,37 kg ha<sup>-1</sup>), seguido de TMG 1180 RR (199,96 kg ha<sup>-1</sup>) e M 9144 RR (197,61 kg ha<sup>-1</sup>), sendo que estes dois últimos pertencentes ao mesmo grupo de médias. Por outro lado, os menores teores médios foram obtidos por BRS 325 RR (78,79 kg ha<sup>-1</sup>), que também apresentou baixo valor na época I, e BRS 333 RR (109,90 kg ha<sup>-1</sup>).

O estudo comparativo entre as épocas de semeadura, independentemente da adubação potássica utilizada, revelou um menor rendimento médio de Açúcares Redutores Totais para todos os cultivares quando semeados na segunda época (23/01) devido, provavelmente, às restrições hídricas impostas pelo declínio das precipitações pluviais nessa época a partir de março, coincidindo com a fase reprodutiva de enchimento de grãos (Figura 7, pg. 32).

Ressalta-se que, os valores de rendimento médio de Açúcares Redutores devem refletir os valores de produtividade de grãos, uma vez que foram obtidos a partir do produto entre teor médio de açúcares redutores totais e produtividade de grãos.

Para Gubiani (2005) o acúmulo de matéria seca sob condições favoráveis para a cultura da soja, de certo modo melhoram a capacidade de desenvolvimento do aparato fotossintético, com isto, elevam os índices de produção e, conseqüentemente, resulta em um maior armazenamento de carboidratos no grão.

Quadro 5. Médias dos rendimentos de Açúcares Redutores Totais de sete cultivares de soja, sob dois níveis de adubação potássica em duas épocas de semeadura em Palmas – TO, safra 2013/2014.

Cultivar	Época I (05/12)		Época II (23/01)		Média
	Baixo K	Alto K	Baixo K	Alto K	
BRS 333 RR	397,11 aB	701,13 bA	109,90 dD	176,12 eC	346,07 b
BRS 33871 RR	410,20 aB	653,55 cA	149,93 cD	302,01 cC	378,92 a
BRS 325 RR	252,43 cB	419,11 fA	78,79 eD	138,88 fC	222,30 d
M 9144 RR	372,13 bB	564,67 dA	197,61 bD	267,54 dC	350,49 b
P 98Y70 RR	359,62 bB	534,34 eA	113,66 dD	204,94 eC	303,14 c
TMG 1180 RR	420,16 aB	639,36 cA	199,96 bD	318,95 bC	394,61 a
TMG 1288 RR	228,04 cD	775,81 aA	291,37 aC	357,27 aB	413,12 a
<b>Média</b>	348,53 B	612,57 A	163,03 D	252,24 C	344,09

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

### 5.3 EFICIÊNCIA DOS CARBOIDRATOS

#### 5.3.1 Eficiência do uso do potássio



### 5.3.1.1 Eficiência no teor de Açúcares Redutores Totais (ART)

A análise de variância (quadro 6) revelou efeito significativo de cultivar, indicando haver diferenças estatísticas entre os mesmos quanto ao uso do potássio. O coeficiente de variação foi considerado baixo para a característica avaliada, indicando a boa precisão do experimento (COSTA et al., 2002).

Quadro 6. Resumo da análise de variância para o índice de eficiência do uso do potássio para o teor de Açúcares Redutores Totais (%) em sete cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas - TO.

Fator de Variação (FV)	Graus de Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM) <sup>1</sup>
		ART <sup>2</sup>
Bloco	7	0,021*
Cultivar	6	0,014*
Erro	42	0,004
Media	---	0,54
CV %	---	9,3

<sup>1</sup>Dados transformados em raiz quadrada de X; % ART<sup>2</sup>: Teor de açúcares redutores totais; ns: não significativo; \*significativo ao nível de 5% pelo teste F.

No quadro 7 são apresentados os valores médios da eficiência de uso do potássio para a característica teor de Açúcares Redutores Totais. Os cultivares foram agrupados em dois grupos de médias. No grupo dos mais eficientes, foram alocados cinco cultivares, quais sejam: BRS 33871 RR (0,53), M9144 RR (0,53) e P 98Y70 RR (0,58), TMG 1180 RR (0,56) e BRS 325 RR (0,63), onde os três últimos apresentaram valores acima da média geral (0,54).

Os índices de eficiência são utilizados para classificar os cultivares como eficientes (índice acima da média sob alto e baixo nível de um determinado elemento mineral) e não eficientes (índice abaixo da média sob alto e baixo nível de um determinado elemento mineral), uma vez que são utilizadas as médias dos cultivares sob alto e baixo potássio (FISCHER et al., 1983).

Assim, consideram-se como eficientes os cultivares P 98Y70 RR (0,58) e TMG 1180 RR (0,56) e BRS 325 RR (0,63), por pertencerem ao grupo mais eficiente e apresentarem eficiência acima da média geral (0,54)

Quadro 7. Médias para o índice de eficiência do uso do potássio para a característica teor de Açúcares Redutores Totais de quatro características avaliadas em 07 cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas - TO.

<b>Cultivar</b>	<b>Índice de eficiência no uso do potássio</b>
BRS 333 RR	0,50 b
BRS 33871 RR	0,53 a
BRS 325 RR	0,63 a
M 9144 RR	0,53 a
P 98Y70 RR	0,58 a
TMG 1180 RR	0,56 a
TMG 1288 RR	0,45 b
Média	0,54

### 5.3.1.2 Eficiência no rendimento de Açúcares Redutores Totais (RART)

A análise de variância (quadro 8) revelou efeito não significativo para os cultivares, indicando baixa variabilidade para esta característica. O coeficiente de variação foi considerado baixo para a característica avaliada, indicando a boa precisão do experimento (COSTA et al., 2002).

Quadro 8. Resumo da análise de variância para o índice de eficiência do uso do potássio para o rendimento de Açúcares Redutores Totais (kg ha<sup>-1</sup>) em sete cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas - TO.

<b>Fator de Variação (FV)</b>	<b>Graus de Liberdade (GL)</b>	<b>Quadrado Médio (QM)<sup>1</sup></b>
		<b>RART</b>
Bloco	7	0,009 <sup>ns</sup>
Cultivar	6	0,006 <sup>ns</sup>
Erro	42	0,004
Média	---	0,56
CV %	---	10,95

<sup>1</sup>Dados transformados em raiz quadrada de X; RART: rendimento de açúcares redutores totais; ns: não significativo; \*\* significativo ao nível de 5% pelo teste F.

No quadro 09 são apresentados os valores médios da eficiência de uso do potássio para a característica rendimento médio de Açúcares Redutores Totais.

Os cultivares que apresentaram valores acima da média geral de eficiência (0,37) foram M 9144 RR (0,42) e TMG 1180 RR (0,39). Os demais cultivares apresentaram-se como pouco eficientes para rendimento médio de Açúcares

Redutores. Assim, para esta característica, pode-se inferir que os cultivares M 9144 RR e TMG 1180 RR são eficientes.

Quadro 9. Médias para o índice de eficiência para rendimento de Açúcar Redutores Totais de quatro características avaliadas em 07 cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas - TO.

<b>Cultivar</b>	<b>Índice de eficiência no Rendimento de ART</b>
BRS 333 RR	0.36
BRS 33871 RR	0.34
BRS 325 RR	0.35
M 9144 RR	0.42
P 98Y70 RR	0.37
TMG 1180 RR	0.39
TMG 1288 RR	0.34
Média	0.37

## 6

## CONCLUSÕES

A época de semeadura e adubação potássica influenciaram no teor e rendimento de Açúcares Redutores Totais;

Altas temperaturas e baixos índices pluviométricos, na fase de enchimento de grãos, favorecem o acúmulo de Açúcares Redutores Totais nos grãos;

Os cultivares TMG 1180 RR e TMG 1288 RR se mostraram potencialmente promissores para produção de etanol

A introdução de novas cultivares com características favoráveis para a eficiência de resposta à utilização de adubação potássica, são desejáveis para os sistemas de produção atual, seja para agricultura de maior tecnificação ou para cultivos de baixos insumos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASSIS, J. S.; FILHO, J. M. P.; LIMA, M. A. C. **Fisiologia da videira**. Embrapa semiárido, s.d. Disponível em: < <http://frutvasf.univasf.edu.br/images/videira.pdf>>. Acesso em: jul. 2015.

BATISTELLA FILHO, F.; et al. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. n. 48, v. 7, p. 783-790, 2013.

BENINCASA, F. **Determinação rápida e automática de açúcares redutores em caldo de cana-de-açúcar**. Presidente Prudente: Unoeste, 2012.

BRASIL, **Ministério de Minas e Energia** - MME. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 08 fev. 2016.

CAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.168, p.521-530, 2005.

CANCELLIER, L. L.; et al. Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 139-148, 2011.

CASAROLI, D.; et al. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja - uma revisão. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.14, n. 2, p. 102-120, 2007.

CATUCHI, T. A.; GUIDORIZZI, F. V. C.; GUIDORIZZI, K. A.; BARBOSA, A. M.; SOUZA, G. M. **Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.47, n.4, p.519-527, abr. 2012;

CASAGRANDE, E. C.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; OYA, T.; PEDROSO, J.; MARTINS, P. K.; BRETON, M. C.; NEPOMUCENO, A. L. Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal [online]**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 168-184, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbfv/v13n2/9366.pdf>>. Acesso em: jul. 2015.

CHAVES FILHO, J. T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasil. Bot.**, São Paulo, V. 24, n. 2, p. 199-204, 2001.

COSTA, N. H. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 243-249, 2002.

COULTATE, T. P. **Alimentos, a química de seus componentes**. 3ed. São Paulo: Artmed, 2004.

COUTINHO, L. M. **O clima do cerrado**. Disponível em: <[ecologia.ib.usp.br/cerrado/aspectos\\_clima.htm](http://ecologia.ib.usp.br/cerrado/aspectos_clima.htm)>. Acesso em: 28 abr. 2015.

CRUZ C. D. Programa Genes: **Aplicativo computacional em genética e estatística**. Versão Windows, Viçosa, UFV, 2007.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, p. 480, 2007.

EMBRAPA. **Evolução e Perspectivas de Desempenho Econômico Associadas com a Produção de Soja nos Contextos Mundial e Brasileiro**, 2011. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc319\\_3ED.pdf](http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc319_3ED.pdf)>. Acessado em 03 mar. 2015.

EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja – Região central do Brasil**. Londrina, Sistemas de Produção, n. 16, 2013.

FARIAS, J. R. B., NEPOMUCENO, A. L., NEUMAIER, N., **Ecofisiologia da soja**. Embrapa, Londrina, 2007.

FEHR, W. R. et al. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v.11, n. 6, p. 929-931, 1971.

FERNANDES, G.R.; MIGUEL, D. P. Detecção dos açúcares da soja. **Caderno de Pós Graduação da FAZU**. Vol. 2, 2011. Disponível em: <<http://www.fazu.br/ojs/index.php/posfazu/issue/view/18>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

FISCHER, K. S.; JOHNSON, E. C.; EDMEDS, G. O. Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. México: **CIMMYT**, p. 16, 1983.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. Passo Fundo: UPF, 2011.

FRITSCHÉ-NETO, R.; DO VALE, J. C.; CAVATTE, P. C. Melhoramento para tolerância a estresse ou para eficiência no uso de recursos? In. FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (organizadores). Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos. Visconde do Rio Branco: **Suprema**, v. 1, cap. 2, p. 29-38, 2011.

GAVA, R. **Os efeitos do estresse hídrico na cultura da soja (*Glycine Max*, (L.) Merrill.)**. 2014. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

GUBIANI, E. I. **Crescimento e rendimento da soja em resposta a época de semeadura e arranjo de plantas**. 2005, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

GRAHAM, R. D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: **Tinker PB & Lauchi A (Eds) Advances in plant nutrition**. New York, Praeger, p. 57-102, 1984.

HOEKSTRA, F.A.; GOLOVINA, E.A.; BUITINK, J. Mechanism of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, Amsterdam, v. 6, p. 431-438, 2001. doi:10.1016/S1360-1385(01)02052-0

HACKENHAAR, N. M. **Eficiência do potássio na adubação da soja para óleo e proteína visando a produção de energia**. Dissertação. Palmas, UFT, 2013.

INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <[www.inmet.gov.br/](http://www.inmet.gov.br/)>. Acesso em: jul. 2015.

LACERDA, C. F.; FILHO, J. E.; PINHEIRO, C. B. **Fisiologia Vegetal**. Fortaleza: UFC, 2007. Disponível em: <[http://www.fisiologiavegetal.ufc.br/apostila/apresentacao\\_da\\_apostila.pdf](http://www.fisiologiavegetal.ufc.br/apostila/apresentacao_da_apostila.pdf)>. Acesso em: jul. 2015.

LAUCHLI, A. Soil science in the next twenty five years: does a biotechnology play

a role. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, p.1405-1409, 1987.  
LIMA, U. A.; BASSO, L. C.; AMORIM, H. V. **Biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MANTOVANI, D. **Estudo da recuperação e hidrólise de isoflavonas e carboidratos obtidos a partir do melão de soja**. 2013. Disponível em: <<http://www.posalim.ufpr.br/Pesquisa/pdf/Tese%20Daniel%20Mantovani.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

MALDONADE, I. R.; et al. **Comunicado técnico 85 - Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS**. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie\\_documentos/publicacoes2013/cot\\_85.pdf](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2013/cot_85.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2015.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.

MAPA. **Balança comercial do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/internacional/indicadores-e-estatisticas/balanca-comercial>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

MAZURANA, M. **Atributos físicos, mineralógicos e matéria orgânica de solos relacionados à capacidade de suporte de carga**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em ciência do solo. Porto Alegre, UFRGS, 2011.

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.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (organizadores). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, v. 1, cap. 7, p.165-178, 2005.

NASCIMENTO, M.; LOUREIRO, F. E. L. **Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas**. CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/publicacao/series\\_sed/sed-61.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_sed/sed-61.pdf)>. Acesso em: 17 mar. 2015.

NUNES, R. M. **Aproveitamento de Farelo de Arroz: potencial de produção de papel e etanol**. UFT, Palmas, 2013.

OETTERER, M. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006.

OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. **Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação**. UFMT, Cuiabá, 2001.

OLIVEIRA Jr., A; et al., **Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes.** 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Marcio/Documents/Soja/Aduba%C3%A7%C3%A3o%20Pot%C3%A1ssica.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2015.

PAULA, S. A. **Influência da temperatura de cultivo e doses de fósforo no solo na composição bioquímica de sementes de soja.** Tese. Viçosa, UFV, 2011.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na Abordagem do Cotidiano.** 4.ed. vol. 3, Química Orgânica. São Paulo: Moderna, 2006.

PETTER, F. A.; et al. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de doses e épocas de aplicação de potássio. **Semina: Ciências Agrárias.** n. 35, v. 1, p. 89-100, 2014.

PETTER, F. A.; et al. **Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado.** Mossoró, Revista Caatinga, v. 25, p. 67-72, 2012.

PINHEIRO, C.; ANTÓNIO, C.; ORTUÑO, M.F.; DOBREV, P.I.; HARTUNG, W.; THOMAS- OATES, J.; RICARDO, C.P.; VANKOVÁ, R.; CHAVES, M.M.; WILSON, J.C. Initial water deficit effects on *Lupinus albus* photosynthetic performance, carbon metabolism, and hormonal balance: metabolic reorganization prior to early stress responses. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.4965- 4974, 2011.

PIRES, L. P. M., et al. Desempenho de genótipos de soja, cultivados na região centro-sul do estado do Tocantins, safra 2009/2010. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 214-223, mar./abr. 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/.../8481>>. Acesso em: 13 mar. 2015.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.** Piracicaba: IPNI, 2011.

REINA. E.; et al. Análise multivariada e eficiência do uso do fósforo em soja, visando o teor de carboidratos, no estado do Tocantins. Uberlândia, **Biosci Journal**, v. 30, n. 5, p. 1371-1379, set./out. 2014.

REINA, E. **Efeito do fósforo na soja, visando a produção de biocombustíveis, no estado do Tocantins.** Dissertação. Palmas, UFT, 2011.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos.** São Paulo: Blucher, 2007.

ROMÃO, B. B. **Produção de etanol por hidrólise ácida de melaço de soja.** UFU, 2011. Disponível em: < <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/3261>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

ROTILI, E. A.; et al. Eficiência no uso de fósforo de variedades de arroz cultivadas em solos de várzea irrigada. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 415-420, 2010.



- SANTOS, F. **Cana de Açúcar: Bioenergia, Açúcar e Etanol: Tecnologias e Perspectivas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2012.
- SANTOS, M. A. **O cerrado brasileiro: notas para estudo**. UFMG, Belo Horizonte, 2010.
- SANTOS, R; VARGAS, G. R. Efeito da adubação potássica na produtividade da soja. **Revista Exatas Terra**, Ponta Grossa, 2012. Disponível em: <[www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas/article/view/2475/3622](http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas/article/view/2475/3622)>. Acesso em: 27 abr. 2015.
- SANTOS, W. F.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M. Eficiência ao uso do nitrogênio e biodiversidade em genótipos de milho para teor de óleo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n. 21, p. 2916, 2015.
- SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja – do plantio à colheita**. UFV, Viçosa, 2015.
- SERAFIM, M. E.; et al. Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**. n. 43, v. 2, p. 222-227, 2012.
- SIQUEIRA, P. F. **Production of bio-ethanol from soybean molasses by *Saccharomyces cerevisiae***. Dissertação (Mestrado em Processos Biotecnológicos). Curitiba: UFP, 2007.
- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7**, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SFREDO, G. J., **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Embrapa, Londrina, 2008.
- SILVA, D. R. G. **Características estruturais e eficiência da adubação nitrogenada do capim marandú de pastagem em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio**. Dissertação. Lavras, UFL, 2007.
- SILVA, F. B. **Produção de etanol a partir de melaço de soja hidrolisado enzimaticamente**. UFU, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/3260>>. Acesso em: 20 mar. 2015.
- SILVA, A. F.; LAZARINI, E. Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**, Vol. 35, nº 1, ISSN 1676-546X, E-ISSN 1679-0359, Londrina – PR, 2014. Disponível em: <[http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/13117/pdf\\_222](http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/13117/pdf_222)>. Acesso em: 21 maio 2015.

STEINER, F. **Balanço de potássio no sistema solo-planta influenciado pela textura e adubação potássica em solos tropicais**. Unesp, Botucatu, 2014. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/11449/110938>>. Acesso em: 19 mar. 2015.

TAVARES, L. C.; et al. Potássio via recobrimento de sementes de soja: efeitos na qualidade fisiológica e no rendimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 7, p.1196-1202, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Trad.: SANTARÉM, E. R. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 613, 2006.

VIEIRA, F. C. F.; et al. Aspectos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de soja submetidos a déficit hídrico induzido por PEG 6000. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 543-552, 2013.