



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**Avaliação de características agronômicas e físico-químicas de cultivares  
de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para a produção de  
etanol na Região Central do Tocantins**

Aluno: Ivanor Giacomini

Orientadora: Flavia Lucila Tonani Siqueira

PALMAS – TO

2012



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**Avaliação de características agronômicas e físico-químicas de cultivares  
de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para a produção de  
etanol na Região Central do Tocantins**

Aluno: Ivanor Giacomini  
Orientadora: Flavia Lucila Tonani Siqueira  
Co-orientador: Guilherme Benko Siqueira

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Agroenergia na área de concentração de Sistemas de Produção e melhoramento de culturas visando a produção de biocombustíveis.

PALMAS – TO  
2012

**DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
BIBLIOTECA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS**

G429a      Giacomini, Ivanor  
              Avaliação de Características Agronômicas e Físico Químicas de Cultivares de Sorgo Sacarino (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) para Produção de Etanol na Região Central do Tocantins / Ivanor Giacomini. - Palmas, 2012.  
              53p.

              Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Mestrado em Agroenergia, 2012.  
              Orientador(a) – : Dr<sup>a</sup> Flávia Lucila Tonani de Siqueira

1. Alternativa Bioenergética. 2. Bioenergia. 3. Biocombustível. I. Título.

**CDD 572**

**Bibliotecário: Paulo Roberto Moreira de Almeida  
CRB-2 / 1118**

**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.**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS PÓS-  
GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**Avaliação de características agronômicas e físico-químicas de cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para a produção de etanol na Região Central do Tocantins**

Aluno: Ivanor Giacomini

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Dr<sup>a</sup>. Flavia Lucila Tonani de Siqueira (Orientadora-Presidente - UFT)

Dr. Emerson Adriano Guarda (Examinador Interno - UFT)

Dr<sup>a</sup>. Susana Queiroz dos Santos Mello (Examinador Externo - UFT)

**Data da Defesa:** 18/05/2012

As sugestões da comissão Examinadora e as Normas PGA para o formato da Dissertação foram contempladas.

(ASSINATURA DO ORIENTADOR)

“Dedico este trabalho a Deus e a minha esposa Lucilene e a nossa filha Izadora”.

## **AGRADECIMENTOS**

Universidade Federal do Tocantins - UFT - Programa de Pós Graduação em Agroenergia pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

A Secretaria de Ciências e Tecnologia do Estado do Tocantins – Programa PAPG.

A meus orientadores: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Flavia Tonani de Siqueira e ao Prof. Dr. Guilherme Benko de Siqueira.

Ao Secretario do Mestrado em Agroenergia Diego pela prestatividade e dedicação no atendimento aos alunos.

A EMBRAPA Milho e Sorgo de Sete Lagoas – MG.

A empresa Bunge Global Innovation.

A empresa Bunge & Bioenergia.

A empresa Netafim Irrigação.

A COAPA – Cooperativa Agrícola de Pedro Afonso – To.

A Prefeitura Municipal de Guaraí – To.

A Faculdade Guaraí – FAG.

A empresa Granule.

A empresa Fertilizantes Tocantins.

Aos acadêmicos do curso de Agronomia da Faculdade Guaraí - FAG pelo auxílio na execução deste trabalho: Lucilene Salla, Ricardo Sakashita, Monica Pereira, Andréia Lomazzi, Fernando Sandi, Clecio Guilherme Simiema e a Eng. Agrônoma Franciane Santim.

A todas as pessoas não citadas aqui, mas que sem dúvidas têm suas parcelas de colaborações na construção deste trabalho.

## Sumário

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIACÕES.....	ix
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	12
2. OBJETIVOS .....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
3.1 Bioenergia em substituição a energia fóssil .....	15
3.2 Energia renovável na matriz energética brasileira.....	16
3.3 Cana de açúcar principal fonte brasileira de matéria prima para produção de bioenergia.....	17
3.4 Bioenergia no Cerrado brasileiro.....	19
3.5 EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa em Milho e Sorgo .....	19
3.6 A cultura do sorgo .....	21
3.6.1 Origem e situação mundial.....	21
3.6.2 Cenário nacional do sorgo sacarino .....	23
3.6.3 Características gerais do sorgo sacarino .....	24
3.6.4 Práticas culturais .....	26
3.6.5 Eficiência energética do sorgo sacarino .....	28
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	30
4.1. Local do experimento e caracterização do clima e solo .....	30
4.2 Delineamento experimental.....	31
4.3. Condução do experimento .....	32
4.4 Metodologia para a avaliação das características agronômicas do sorgo sacarino.....	33
4.5 Metodologia para a avaliação das características físico químicas do caldo do sorgo sacarino.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1. Avaliação das características agronômicas.....	35
5.2. Avaliação das características físico químicas do caldo .....	43
CONCLUSÕES .....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Zoneamento agroclimático com aptidão ao cultivo do sorgo sacarino .....	25
Figura 2 - Distribuição das cultivares de sorgo sacarino a campo em experimento conduzido no município de Guarai - TO. ....	31



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Metas de produtividade e qualidade de sorgo sacarino.....	20
Tabela 2 – Dados meteorológicos da estação experimental de Pedro Afonso – TO, observados no período do desenvolvimento da avaliação do sorgo sacarino.....	30
Tabela 3 – Características da planta de sorgo sacarino obtidas em experimento conduzido no município de Guaraí – To na safra agrícola de 2010/2011 .....	36
Tabela 4 - Características do caldo de sorgo sacarino obtidas em experimento conduzido no município de Guaraí TO na safra agrícola de 2010/11 .....	41
Tabela 5 – Análises das características físico químicas de sorgo sacarino obtidas em experimento conduzido no município de Guaraí – TO na safra agrícola de 2010/11.....	44
Tabela 6 - Estimativa da produção de etanol em litros por tonelada de colmo processado e calculado em produção por hectare, no experimento conduzido no município de Guaraí – TO na safra agrícola de 2010/11 .....	47

## LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIACÖES

AR – Açúcares redutores

ART – Açúcares redutores totais

cm – Centímetro

km – Quilômetro

CNPMS – Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

CONSECANA – Conselho de Produtores de Cana de açúcar, açúcar e Álcool do Estado de São Paulo

CV – Coeficiente de Variação de Médias

DMS – Diferença Mínima Significativa

ha – Hectare

IEL – Instituto Euvaldo Lodi

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática

m - Metro

mm – Milímetro

PUI - Período de Utilização Industrial

t ha<sup>-1</sup> – Toneladas por hectare

UFT – Universidade Federal do Tocantins

° C – Graus Celsius

TO – Tocantins

## RESUMO

GIACOMINI, I. **Avaliação de características agronômicas e físico químicas de cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para a produção de etanol na Região Central do Tocantins**, 52 páginas. Dissertação de Mestrado em Agroenergia – Universidade Federal do Tocantins.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma gramínea cultivada em várias regiões do mundo objetivando a produção de grãos e biomassa utilizado na alimentação humana e animal. Recentemente maior importância vem sendo dada como uma alternativa para obtenção de etanol de seus colmos. Atualmente existe varias alternativas para produção de bioenergia, porem o sorgo sacarino ganha destaque por apresentar ciclo curto e produção de matéria verde com alta concentração de açúcares em seu colmo podendo ser um complemento na entre safra da cana de açúcar. No entanto há a necessidade de apontar quais as cultivares mais adaptadas a determinada região. Objetivou-se nesse sentido determinar dentre as 25 cultivares avaliadas, quais as mais indicadas para a produção de biomassa e bioenergia. Os resultados indicam que para a região central do Estado do Tocantins as cultivares que apresentaram melhores resultados nas características avaliadas: Florescimento: BR 503 mais precoce e a cultivar CMSXS 643 mais tardia; Altura: CMSXS 644 ; Massa Verde t ha<sup>-1</sup>: CMSXS 630; Matéria Seca t ha<sup>-1</sup>: CMSXS 647; Rendimento de Caldo l/há: CMSXS 647; Concentração de Caldo %: CMSXS 647; Brix: BRS 506 e CMSXS 642; pH do Caldo: BR 505; AR% do Caldo: CMSXS 636; Pol%: BRS 506; Fibra%: CMSXS 648; Pureza%: CMSXS 636; ATR: CMSXS 636; Estimativa de produção de etanol: CMSXS 647.

**Palavras-chave:** Alternativa bioenergética, Bioenergia, Biocombustível,

## ABSTRACT

GIACOMINI, I., **Evaluation of agronomic traits and physical chemical cultivars of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) for ethanol production in the Central Region of Tocantins**, 52 pages. Dissertação de Mestrado em Agroenergia – Universidade Federal do Tocantins. Dissertation Agroenergy - Federal University of Tocantins.

*Sorghum* (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is a grass grown in various regions of the world aiming at the production of grain and biomass, has recently been given greater importance as an alternative for obtaining ethanol from its stem. Currently there are several alternatives for bioenergy production, but sweet sorghum is highlighted by presenting short cycle and production of green with a high concentration of sugars in its stalk can be a complement in the growing season of cane sugar. However there is a need to point out which cultivars better adapted to a particular region. The objective of this study was to determine among the cultivars, which are the most suitable for the production of biomass and bioenergy. The results indicate that for the central state of Tocantins the cultivars that showed better results in characters evaluated: Flowering: BR 503; earlier and later cultivar, height: CMSXS 643; Mass Green t ha<sup>-1</sup>: CMSXS 630; t dry matter ha<sup>-1</sup>: CMSXS 647; Volume Juice l / no: CMSXS 647; % Juice Extraction: CMSXS 647; Brix: BRS 506 and CMSXS 642; pH of the broth: BR 505; AR% Juice: CMSXS 636; Pol%: BRS 506; Fiber%: CMSXS 648; Pureza%: CMSXS 636; ATR: CMSXS 636 ; Estimated ethanol production: CMSXS 647.

**Keywords:** Alternative bioenergetic, Bioenergy, Biofuel.

## 1. INTRODUÇÃO

A bioenergia vem sendo utilizada como alternativa de combustível limpo em substituição às energias convencionais, usadas em larga escala na matriz energética mundial, sobretudo pelo aumento da emissão de gases poluentes na atmosfera. A energia renovável iniciou uma nova etapa de produção no campo com o cultivo da biomassa energética, agregando maior rentabilidade a produtores e tornando-se uma das prováveis soluções para amenizar o problema das mudanças climáticas.

O Brasil apresenta-se com destaque no cenário mundial agrícola pela grande disponibilidade de áreas agricultáveis e por apresentar clima e solo propício ao cultivo de biomassa destinada a produção de bicombustíveis sem comprometer a produção de alimentos. A iniciativa governamental tem estimulado órgãos de pesquisas a buscar alternativas para diminuir a importação de petróleo e minimizar as emissões de gases poluentes na atmosfera através do uso da cana de açúcar como matéria prima para a produção de etanol.

Embora a cana de açúcar responda pelos maiores índices de produção de etanol consumido no país e exportações, a grande demanda por combustíveis limpos tem despertado o interesse pela busca de novas alternativas de matéria prima para a produção de bioenergia e dentro deste contexto a EMBRAPA Milho e Sorgo em meados da década de 70 iniciou o programa de melhoramento de sorgo sacarino visando a produção de etanol para suprir a falta de matéria prima na entre safra da cana de açúcar. O sorgo sacarino é uma planta de ciclo relativamente curto, adaptado às condições climáticas nem sempre ideais a outras culturas com manejo de tecnologias dominadas pela maioria dos produtores e apresenta-se como alternativa para a produção de etanol através de colmos suculentos com açúcares diretamente fermentáveis.

A viabilidade da implantação da cultura do sorgo sacarino vem se desenvolvendo através do Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo da EMBRAPA de Sete Lagoas – MG em experimentos realizados em diferentes regiões do Brasil permitiu avaliar a capacidade da cultura para a produção de etanol.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho das características agronômicas de cultivares de sorgo sacarino na Região Central do Tocantins visando à produção de etanol.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Este estudo objetivou-se avaliar cultivares de *Sorghum bicolor* (L.) Moench, material genético pertencente a EMBRAPA CNPMS de Sete Lagoas - MG, para a produção de etanol na Região Central do Estado do Tocantins.

### **2.2. Objetivo Específico**

Identificar as características agronômicas do sorgo sacarino como número de plantas, altura de plantas, dias para início ao florescimento, produção de massa verde, matéria seca e percentagem de extração de caldo, volume de caldo identificar as características físico-químicas como o sólidos solúveis totais, pH do caldo, sacarose, fibra, produção de açúcares e estimativa de produção de etanol de cultivares na região central do Tocantins.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Bioenergia em substituição a energia fóssil**

As fontes de energia baseadas em matéria prima fóssil não renováveis usadas largamente em escala mundial podem se exaurir em um futuro próximo. Ainda que a matriz energética mundial dependa muito do petróleo e seus derivados, ela mostra uma tendência de mercado crescente para bioenergia, energia obtida a partir de biomassa que diminuem a dependência de uma energia reconhecida como a principal fonte emissora de gases ozônio, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e monóxido de carbono na atmosfera. Se não forem incorporados outros combustíveis líquidos, principalmente em aspectos ambientais como alerta o Relatório do IPCC (2007) que em estudos científicos realizados nos últimos 30 anos mostra o aumento da emissão dos gases poluentes de efeito estufa, principalmente CO<sub>2</sub>, resultado da combustão de combustíveis fósseis provocando aumento na temperatura média do planeta.

Países industrializados buscam conjuntamente medidas para reduzir emissões de gases de efeito estufa, evitar as mudanças climáticas o aquecimento global, com incentivo ao desenvolvimento de combustíveis limpos sem emissão de gases poluentes como ficou acordado no protocolo de Quioto.

Dentre as alternativas para amenizar a demanda do petróleo e a emissão de gases poluentes na atmosfera destaca-se a bioenergia resultante das tecnologias do uso da biomassa, assumindo nos últimos anos um papel de destaque na renovação da matriz energética mundial com grande aceitação por suas características de energia limpa, atraindo grande interesse em diversos países empenhados na necessidade de melhorar a qualidade do ar e amenizar a elevação da temperatura global. Além de ser fonte de energia renovável, provinda da energia solar com baixos custos e alternativa para a diminuição de emissões de gases poluentes, a bioenergia possibilita a integração de sistemas que permitem a co-geração de produtos como meio de atingir a



sustentabilidade da atividade agrícola em um novo ciclo de desenvolvendo rural, gerando empregos e oportunidades.

Entre as diversas alternativas que estão despontando com potencial para o fornecimento de matéria prima para produção de bioenergia, Lipinski; Kresovich (1982) apud Teixeira; et al., (1999) que fizeram uma apreciação sobre culturas de grande potencial energético como fontes de energia renováveis, afirmaram que as três culturas de maior destaque são a cana-de-açúcar, a beterraba açucareira e o sorgo sacarino.

### **3.2 Energia renovável na matriz energética brasileira**

O combustível convencional usado como principal fonte de energia vem sendo substituído ao longo dos tempos, principalmente em busca de alternativas mais eficientes, menos poluentes e de baixos custos. Inicialmente dependente da madeira, depois substituído pelo carvão vegetal e mineral ate chegar aos derivados do petróleo, atualmente a matriz energética brasileira busca alternativas de energia na biomassa, energia renovável e limpa, para substituir o uso de combustíveis fosseis.

A bioenergia destaca-se no mercado interno e externo dos biocombustíveis pela sua eficiência energética, baixos custos de produção, propiciado pelas condições climáticas encontrados no território brasileiro, devido à alta intensidade de radiação solar recebida durante todo o ano, por situar-se nas faixas tropical e subtropical e ainda, complementa Oliveira; Ramalho (2006), o país possui ampla diversidade climática e exuberância de biodiversidade, além de possuir um quarto das reservas de água doce do planeta.

A matéria prima produzida de plantas de ciclo anual contendo concentrações de sacarose tem atraído o interesse na produção de etanol por apresentarem custos atraentes na produção se comparadas com aquelas que contem amido ou celulose. As gramíneas cana de açúcar e sorgo sacarino particularmente atrativas para a produção em larga-escala de etanol

apresentam significativa produtividade de massa verde em diferentes regiões do país, com cultivo realizado em sistemas de plantio de agricultura de baixo carbono e capacidade de utilização da rebrota.

### **3.3 A Cana de açúcar como principal fonte brasileira de matéria prima para a produção de bioenergia**

Os recursos da biomassa da cana-de-açúcar são utilizados em grande escala na produção de bioenergia, tornando o Brasil o líder mundial no uso de fontes renováveis de energia e o maior produtor de cana de açúcar do mundo despontando como altamente competitivo no mercado internacional com os menores custos de produção do etanol apresentando percentagens de 57% do custo americano e 34,5% do custo europeu (CARVALHO, 2002).

Alem do mais o país apresenta vantagens competitivas em relação a outros países com capacidade para liderar a produção bioenergética, por várias razões: domínio na pesquisa de culturas agrícolas e industrialização de matéria prima bioenergéticas, privilegiada situação territorial e climática, disponibilidade de áreas agrícolas em clima predominantemente tropical, boa disponibilidade hídrica, sem prejuízo à segurança alimentar e com baixos impactos ambientais, promovendo a otimização das áreas já destinadas à produção agrícola, estimulando o manejo sustentável das terras e o aproveitamento de áreas degradadas (BRASIL. MAPA, 2006).

O cultivo da cana de açúcar está concentrado nas regiões localizadas no Sudeste e Nordeste brasileiro. Segundo IEL (2006), a região Sudeste é responsável por 80% da produção de etanol destinado a exportação e o Estado de São Paulo responde por 88% do volume cultivado no país, sendo 89% de álcool e 90% do açúcar produzido no Brasil.

A imposição do Governo Federal restringindo a colheita da cana em sistema manual e a adequação do seu cultivo mecanizado, sua expansão está sendo direcionado em áreas de novas fronteiras agrícolas do cerrado brasileiro, como tem despontado nas ultimas safras a região Centro-Oeste nos estados

de Mato Grosso e Goiás com crescente índice de áreas plantadas, beneficiadas pelas vastas áreas propícias ao seu cultivo, aliado à existência do relevo que vão de planos a suavemente ondulados, fator que favorece em muito a colheita mecanizada, contando ainda com a disponibilidade de mão-de-obra e clima tipicamente tropical com duas estações distintas: uma quente e úmida, proporcionando boa germinação, perfilhamento e o desenvolvimento vegetativo da planta seguido de outra estação seca, para promover a maturação e conseqüente acúmulo de sacarose nos colmos. Recentemente a região entre o Cerrado e a Amazônia nos Estados do Maranhão e Tocantins tem atraído a instalação de projetos sucroalcooleiros através de programas governamentais em vista das condições geográficas e de infra estrutura favoráveis à exportação.

Segundo levantamento da CONAB (2011), a área de cana colhida destinada à atividade sucroalcooleira brasileira, na safra 2010/2011, foi de 8.033,6 milhões de hectares, distribuída em todos estados produtores, com rendimento médio de 77,798 kg/há e produção total de 624,991 milhões de toneladas. Do total da produção de cana de açúcar 53,8% foram destinadas à produção de etanol, gerando um volume total acima de 27 milhões de litros e o restante 46,2% destinadas à produção de açúcar.

As primeiras tentativas de avaliar a qualidade da matéria prima da cana de açúcar, iniciaram no final do século XIX na Indonésia, baseadas na medida da pureza aparente do caldo. Para Brieger (1968) a cana de açúcar é considerada madura quando atinge os seguintes valores mínimos: ° Brix: 18%, pol do caldo: 15,3%, pureza: 85% e açúcares redutores (AR) 1% no máximo e para o final da safra no mínimo 16% pol, açúcares redutores (AR%) em torno de 1,0% são valores ideais, visto que representam a quantidade de açúcares solúveis do caldo com potencial a ser transformado em etanol. O pH do caldo decantado é ideal quando atinge a faixa entre 5,6 e 5,8 pois não provoca remoção significativa de nutrientes e diminui a ação corrosiva do caldo sobre os equipamentos, além de favorecer a redução do número de microrganismos contaminantes.

### **3.4 Bioenergia no Cerrado brasileiro**

Embora haja grande número de matérias primas naturais existentes em todo o país para a produção de etanol a cana de açúcar destaca-se com larga vantagem em custo/benefício na sua obtenção. Sua distribuição geográfica, que encerra diversos climas e tipos de solos, permite seu cultivo em quase todo o território brasileiro com destaque recente para o cerrado brasileiro.

O Estado do Tocantins, situado na Região Norte do país, encontra-se na zona de transição geográfica entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. As principais atividades econômicas do estado de Tocantins baseiam-se na produção agrícola, com destaque para a produção de arroz, milho, soja, mandioca, pecuária e atualmente a cana de açúcar destinada à produção de etanol. A produção de biocombustível no Estado do Tocantins encontra-se em ascendente expansão com expectativas de cultivo do sorgo sacarino para a produção de etanol na entre safra da cana de açúcar.

### **3.5. EMBRAPA - Programa de melhoramento genético de sorgo sacarino**

Na década de 70 com a iniciativa do governo federal em buscar alternativas para suprir à demanda de combustíveis no país através do programa Proálcool, conjuntamente a iniciativa do governo federal, em 1975 a EMBRAPA através do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) desenvolveu o programa de melhoramento e pesquisas com sorgo sacarino visando a oferta de matéria prima para a produção de etanol em destilarias idealizadas pela EMBRAPA em projetos pilotos realizados em várias regiões do Brasil, tendo como matéria prima as cultivares de sorgo sacarino BR 500, BR 501, BR 502, BR 503, BR504 e BR505, derivadas das variedades Rio, Brandes, Roma, Theis, Dale e Wray, respectivamente, todas com produtividade de colmos superior a 40 t ha<sup>-1</sup> e teor de sólidos solúveis médios entre 18 e 20 ° Brix.

Foram desenvolvidas novas cultivares de sorgo sacarino adaptadas às condições brasileiras, com rendimentos superiores às originárias dos Estados Unidos. (SCHAFFERT, 1986). A alta eficiência energética da cana de açúcar desestimulou o programa de melhoramento de sorgo sacarino, sendo desativado em 1985, com sua retomada em 2009. A EMBRAPA atualmente avalia 25 novas cultivares de sorgo sacarino em diversas regiões do Brasil, estabelecendo as metas de produtividade e qualidade no programa de melhoramento genético de sorgo sacarino (Tabela 1) para a produção de etanol.

Tabela 1 – Metas de produtividade e qualidade de sorgo sacarino

<b>Características</b>	<b>Alvo Mínimo 1975</b>	<b>Alvo Mínimo 2011</b>
Produção Mínima de Biomassa	40 t há <sup>-1</sup> (10 t há <sup>-1</sup> /mo)	50 a 60 t há <sup>-1</sup> (12 a 15 t há <sup>-1</sup> /mo)
Brix Mínimo (245 kgcm <sup>-1</sup> 60")	16 – 17 °	18 - 19°
Brix Máximo	21°	23°
Ext. Min. ATR (kg t <sup>-1</sup> biomassa)	80	100 - 120
POL	-	10 - 18 %
Pureza	-	70 - 90 %
Eficiência de Extração	60 - 65 %	90 - 95 %
Mínima de ART no caldo	12,50 %	14,00 %
Mínima produção de Etanol	40 l t <sup>-1</sup> biomassa	60 - 70 l t <sup>-1</sup> biomassa
Eficiência de fermentação	90	95
Eficiência de Destilação	90	95
Eficiência Industrial	81	90
Período Útil Industrial (PUI)	30 dias	30 dias
Tipo de Cultivar	Variedade	Híbrido

Fonte: Embrapa (2010).

O Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) coordena o Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino em várias regiões do Brasil a fim de proceder à avaliação de adaptação do material genético nas diferentes condições climáticas do Brasil. A avaliação do sorgo sacarino conduzido na região central do Tocantins, possibilita incrementar o potencial bioenergético da região, apresentando alternativa de matéria prima para a produção de etanol na entre safra da cana de açúcar através da identificação de cultivares de sorgo sacarino com potencial produtivo, visando à escolha da variedade

adequada para o estabelecimento de um sistema de produção eficiente, pois é de fundamental importância a eficiência na escolha de materiais genéticos por trazer um conjunto de informações para a cultura dentro de cada região.

### **3.6 A cultura do sorgo**

#### **3.6.1 Origem e situação mundial**

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma gramínea originária da região central do continente africano. Foi domesticado, provavelmente, na Etiópia, há cerca de 5000 anos e em seguida foi cultivada na África Ocidental.

Considerado o quinto cereal mais produzido no mundo, o sorgo constitui-se uma boa alternativa na alimentação humana, utilizado basicamente na forma de farinha, xaropes para a indústria e produção de álcool. O tipo granífero, possui maior área cultivada e constitui-se basicamente um ingrediente para rações utilizadas na alimentação de aves, suínos e bovinos e o sorgo forrageiro utilizado na alimentação animal.

O sorgo é uma planta da família *gramineae*, do gênero *sorghum* e da espécie *Sorghum bicolor* L Moench. Ribas (2003) classifica o sorgo em quatro grupos: granífero; forrageiro para a silagem e/ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte verde/fenação/cobertura morta e vassoura. O primeiro grupo inclui tipos de porte baixo (híbridos e variedades) adaptados à colheita mecânica. O segundo grupo inclui tipos de porte alto (híbridos e variedades) apropriados para confecção de silagem e/ou produção de açúcar e álcool. O terceiro grupo inclui tipos utilizados principalmente para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta. O quarto grupo inclui tipos de cujas panículas são confeccionadas vassouras.

A cultura do sorgo, no Brasil, apresentou avanço significativo a partir da década de 70, tornando-se uma cultura de importância comercial para a agricultura brasileira a partir dos anos 90, tendo atualmente área cultivada em

torno de 795.00 mil hectares, com média de 2.505 kg/ha<sup>-1</sup>, totalizando produção de 1.794 milhões de toneladas na safra de 2011, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2011). Cultivado basicamente sob três sistemas de produção: No Brasil Central a semeadura é realizada em sucessão às culturas de verão, principalmente à soja, no Sul o sorgo cultivado na primavera e colhido no outono e no Nordeste seu cultivo é realizado na estação das chuvas ou de inverno. Nas regiões Centro-Oeste e o Sudeste, regiões de maiores áreas plantadas com sorgo granífero, sua produção é destinada às indústrias na produção de rações e no Sul utilizado em sua grande maioria na alimentação animal *in natura*, na forma de silagem ou de feno, conduzido em cultivos de verão. Na região Norte, principalmente no Estado do Tocantins, a área de plantio do sorgo situa-se em torno de 18,9 mil e produção 36,10 mil/t CONAB (2011) é cultivado em sua maioria em pós plantio da soja e destinado para uso em rações em substituição ao milho quando este atinge elevados preços e também seu cultivo é direcionado em cobertura vegetal para incremento da matéria orgânica no solo.

Na safrinha o sorgo é cultivado amplamente em regiões de cultivo de grãos, não tem um período determinado para seu plantio é uma cultura desenvolvida de janeiro a abril, normalmente após a soja precoce e em alguns locais após milho de verão e feijão das águas.

O sorgo é uma cultura de clima tropical que apresenta adaptação para seu cultivo em áreas de clima seco e muito quentes, onde a produtividade de outros cereais seria inviável economicamente. É uma planta do tipo C<sub>4</sub> adaptada a variadas condições de fertilidade do solo e apresenta maior tolerância que a cana-de-açúcar em altas temperaturas e déficit hídrico, motivo de seu cultivo em ampla faixa de latitudes, mesmo onde outros cereais têm produção limitada, como regiões muito quentes, muito secas ou ocorrências de veranicos (MAGALHÃES; et al., 2007). A temperatura requerida para ótimo crescimento e desenvolvimento da cultura do sorgo não tem sido determinada para as diferentes cultivares, mas sabe-se que varia para cada cultivar. A literatura tem mostrado que temperatura superior a 38 ° C reduz a produtividade e que a maioria das cultivares não crescem bem em temperaturas inferiores a 16 ° C. Sua adaptação climática em diversas regiões

e os avanços tecnológicos utilizados em seu cultivo possibilitou incrementos significativos na produtividade média nacional, situando o Brasil entre os principais países produtores de grãos de sorgo do mundo, conquista da iniciativa de institutos de pesquisa, universidades e do setor privado, através da introdução de sementes melhoradas, aclimatadas nas diferentes regiões brasileira expandindo seu cultivo em latitudes de até 45 ° norte ou 45° sul.

Alem de o sorgo ser uma fonte de matéria prima principalmente na alimentação animal, atualmente é expressiva a pesquisa que vem sendo desenvolvida em sorgo sacarino para atender a grande demanda de etanol no Brasil, pois è uma cultura que atende aos requisitos agronômicos bioenergéticos, tratando-se de uma cultura com alta capacidade de produção de massa verde e conforme relata Azevedo; et al., (2003) o sorgo sacarino possui concentração de açúcares em seu colmo com níveis equiparados à cana de açúcar.

### **3.6.2. Cenário do Sorgo Sacarino**

Pouco conhecido no Brasil, o sorgo sacarino começou a ser pesquisado na década de 70 para produção de etanol através da EMBRAPA no programa de melhoramento de sorgo diante da perspectiva de seu uso em bioenergia visando a obtenção de cultivares com boa produção de massa verde, altos teores de açúcares nos colmos, ao lado de uma produção razoável de grãos o tornam destaque no cenário bioenergético como complemento à cana de açúcar.

Vários projetos nacionais e internacionais já foram aprovados na área de sorgo sacarino para bioenergia e parcerias com várias instituições, tem contribuído no avanço do programa de melhoramento, manejo e utilização de sorgo sacarino para fins agroindustriais e energéticos. Antes do interesse para uso em biocombustíveis, o sorgo sacarino praticamente não era cultivado no país. Na safra 2010/11 foram realizados os primeiros experimentos em parceria com a EMBRAPA Milho e Sorgo para avaliar o sorgo sacarino em grandes



destilarias de São Paulo, Goiás e Minas Gerais para seu uso na produção de etanol no período da entre safra da cana-de-açúcar.

Conforme a EMBRAPA (2004), embora exista diversas matérias-primas renováveis disponíveis para produção de álcool carburante, o sorgo sacarino tem atraído muito interesse na produção de bioenergia por apresentar rapidez do ciclo de produção, facilidades de mecanização, teor relativamente alto de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo e a antecipação da colheita em 4 meses com relação à cana de açúcar, justificam esta posição de destaque .

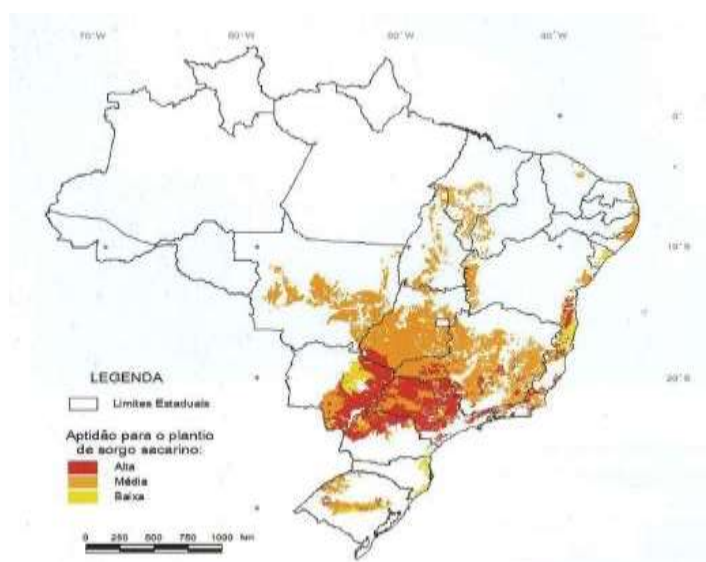
### **3.6.3. Características gerais do sorgo sacarino**

O sorgo *Sorghum bicoor (L.) Moench* é uma gramínea anual, com habito de crescimento ereto, altura variável entre 2,00 a 4,00 metros, folhas largas e planas parecidas com a do milho ao longo de toda a planta. Sua estrutura radicular é composta por raízes fasciculadas profundas, grande quantidade de pêlos absorventes, conferindo à cultura maior tolerância a seca do que os demais cereais. O caule é dividido em nós e entrenós com robustez no colmo e medula macia com influencia terminal do tipo paniculado apresentando inflorescência em forma de panícula e o seu fruto é uma cariopse ou grão seco. Em sua grande maioria, os materiais genéticos de sorgo sacarino requerem temperaturas superiores a 21 °C para um bom crescimento e desenvolvimento, podem ser cultivados em uma ampla faixa de condições de solo quando comparado a maioria dos outros cereais. Planta típica de clima quente o sorgo é considerado um vegetal adaptado a climas que apresentam períodos de estiagem e proporciona até duas safras por ano, presta-se bem à mecanização, tendo baixa exigência quanto ao tipo de solo.

Na literatura o sorgo é classificado segundo seu ciclo vegetativo, em três fases distintas: vegetativa - EC<sub>1</sub>, reprodutiva - EC<sub>2</sub> e o período de enchimento do grão - EC<sub>3</sub>. A fase EC<sub>1</sub> caracteriza-se pela germinação, desenvolvimento da plântula, crescimento das folhas e do estabelecimento de uma porção

significativa do sistema radicular. A fase EC<sub>2</sub> tem início quando o meristema apical começa a diferenciar um meristema floral, continua até a inflorescência e termina na antese. A terceira etapa EC<sub>3</sub> é caracterizada pela polinização, fertilização, desenvolvimento e maturação do grão.

Comparado com outros cereais o sorgo tem menor exigência de água para se desenvolver, sendo que seu período mais crítico à falta de água é o florescimento. Para Santos; et al., (1996), a planta de sorgo apresenta adaptação em diferentes climas, principalmente a condições hídricas desfavoráveis com aptidão para seu desenvolvimento em regiões com chuvas irregulares, abrangendo diferentes regiões brasileira para seu cultivo, conforme mostra a Figura 1.



**Figura 1** – Zoneamento agroclimático com aptidão ao cultivo do sorgo sacarino.

**Fonte:** EMBRAPA Milho e Sorgo (2010).

### 3.6.4 Práticas culturais

Como qualquer outra planta cultivada, a cultura do sorgo sacarino necessita de tratamentos culturais que possibilitem adequado desenvolvimento da lavoura para atingir elevada produção de biomassa também elevada produção

de caldo por hectare cultivado. A lavoura de sorgo sacarino demanda os mesmos preceitos recomendados para qualquer cultura, como adequado preparo de solo, boa fertilização de base e cobertura, controle de plantas daninhas e pragas. O sucesso de uma lavoura de sorgo depende muito de um bom preparo de solo e o planejamento de cultivo inicia com amostragem de solo para avaliar adequadamente qual a dose a ser aplicada de calcário e dos nutrientes, e se há a necessidade de correção do solo em sub-superfície.

A época de plantio deve ser planejada com a escolha da cultivar adequada e adaptada a cada região visando maior produtividade, visto que a matéria-prima representa entre 60% e 70% do custo final do etanol e a oferta de matéria prima de baixo custo com altas concentrações de açúcar é de fundamental importância para a viabilidade do processo, de modo que a semeadura seja ajustada para que coincida com a época de maior radiação solar, pois de acordo com relato de Giacomini (1979), o conteúdo de açúcares no caldo manifestam o potencial na fermentação alcoólica. Na indústria de produção de açúcar e álcool, a concentração de sólidos solúveis totais (Brix) e açúcares totais recuperáveis (ATR) têm sido usados largamente como principais parâmetro para estimar a concentração de açúcares presente no caldo.

Informações como potencial produtivo, resistência a pragas e doenças e adaptação a altas densidades populacionais são critérios que devem ser levados em consideração na escolha da cultivar do sorgo sacarino, recomendando seu plantio no início do período chuvoso, no sentido de fazer coincidir o ciclo da cultura com a estação das chuvas, além de garantir bom suprimento de água para a germinação, florescimento e enchimento de grãos com programação de colheita para os meses de março e abril, período de baixa precipitação pluviométrica e escassez da cana de açúcar.

A semeadura deve ser efetuada em pequena profundidade, com cobertura de camada de terra de 5 cm no máximo. O espaçamento entre fileiras utilizado está na faixa de 0,50 e/ou 0,70 m tendo preferência pelo espaçamento maior por proporcionar maiores facilidades na execução dos tratos culturais. Quanto à população de plantas, Silva; et al., (1986) recomenda população próxima de 140.000 plantas/há, possibilitando a redução de

acamamento, que normalmente ocorre em populações adensadas devido à predominância de elevado porte das cultivares de sorgo sacarino além da presença de panícula com grãos no ápice da planta que tornam a cultura propensa ao acamamento. O consumo de sementes varia com a cultivar de sorgo, o tamanho da semente e com a população desejada na colheita. Para a semeadura, modo geral são necessários 8 a 10 kg de sementes para plantar um hectare, com potencial produtivo de grãos, em média, de 2 a 3 t ha<sup>-1</sup>.

O requerimento nutricional, segundo a EMBRAPA (2010) varia diretamente com o potencial de produção seguindo recomendações de fertilidade do solo de acordo com as taxas pré-estabelecidas de produtividade, atendendo à maior exigência do nitrogênio e potássio extraídos em grande quantidade, seguindo-se do cálcio, magnésio e fósforo.

Cereal de ciclo agrícola reduzido, as plantas daninhas concorrem com a cultura do sorgo sacarino por recursos como a água, nutrientes e luminosidade, podendo causar redução na produtividade em torno de 35 a 70%, justificando seu controle (SILVA; et al., 1986). O período hábil para o controle de ervas daninhas, ocorre no estágio EC<sub>1</sub>, realizado em sua maioria pelo método químico com o princípio ativo à base de atrazina.

A colheita do sorgo sacarino é indicada para ser realizada no período em que as plantas apresentam conteúdo máximo de açúcares, geralmente no período de grão emborrachado à grão maduro. Borgonove; Giacomini (1982) citam que a planta do sorgo sacarino, após a floração inicia o processo de acúmulo de açúcares até a maturação, apresentando período ideal de corte entre o fim de grão leitoso e o estágio de grão maduro.

O corte é realizado de maneira manual ou então conduzido com os mesmos equipamentos e estrutura utilizada para a colheita da cana de açúcar, seguindo o mesmo mecanismo de extração do caldo utilizados em usinas, porém são necessários pequenos ajustes na moenda visto que o sorgo sacarino contém maiores teores de fibra que a cana e na moagem do colmo ocorre perdas com a reabsorção do caldo ao bagaço quando a pressão mecânica dos rolos da moenda sobre o colchão de cana desfibrada não estiver adequada, apresentando índices de extração de caldo abaixo dos 95% normalmente encontrados em moendas de três ternos. Atualmente a tendência

para a extração de caldo nas usinas é o uso de sistema de difusão para a extração do caldo.

### **3.6.5 Eficiência energética do sorgo sacarino**

Todo o vegetal que contenha concentrações de açúcares em sua composição tem potencial para obtenção de álcool em via fermentativa, desde que apresente viabilidade econômica, considerando seu volume de produção, rendimento industrial e apresente viabilidade econômica no processo de produção. Fatores climáticos e agrônômicos são também determinantes para a escolha de matéria prima, pois influenciam no rendimento de álcool e podem interferir no rendimento energético da cultura.

O balanço energético de culturas bioenergéticas utilizadas na produção de etanol representa a diferença entre a energia produzida e a consumida nas etapas do processo produtivo agrícola e industrial. Silva; et. al., (1976) menciona que na fase agrícola do cultivo do sorgo sacarino os combustíveis representam 50% e os fertilizantes 30% do consumo de energia e em avaliação do seu potencial visando estimar sua viabilidade econômica para produção de etanol, Giacomini (1979), relata:

“o sorgo sacarino apresenta um saldo positivo de 4,25 unidades, ou seja, para cada unidade de energia utilizada na fase agrícola retomam, através do álcool, 4,25 unidades úteis. Este valor é apenas pouco inferior ao da cana-de-açúcar (4,44), demonstrando com isso a viabilidade da sua utilização para a produção de álcool”.

A cada ano para atender a demanda crescente por etanol, as grandes destilarias começam as atividades de produção de etanol mais cedo, diminuindo o período de entressafra utilizado para os necessários reparos nas instalações e equipamentos. Apesar das variedades de cana de açúcar precoces lançadas nos últimos anos possibilitar a antecipação da colheita,

muitas usinas ainda sofrem devido ao clima nem sempre permitir um perfeito desenvolvimento ou maturação da cana para o início de colheita, com a planta deixando de aproveitar todo seu potencial ocorrendo uma redução no rendimento industrial.

Nas destilarias a falta de matérias primas no período de entre safra pode ser suprida com o cultivo do sorgo sacarino, tendo em vista seu potencial energético favorável na geração de bicompostíveis além de sua capacidade produtiva de bagaço suficiente para geração de vapor na operação industrial e co-geração de eletricidade.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Local do experimento e caracterização do clima e solo

O estudo da Avaliação Nacional do Sorgo Sacarino no Tocantins foi realizado através de cultivo em ensaio experimental composto por 75 parcelas na Fazenda Madre Paulina I, localizada no município de Guaraí – TO. O município está localizado a 178 quilômetros da capital do Estado do Tocantins, Palmas, a uma latitude 08° 50' 03" sul e a uma longitude 48° 30' 37" oeste, estando a uma altitude de 259 metros.

A temperatura média anual é de 28° C, com a umidade relativa do ar variando entre 72 % e 76 %. A precipitação média anual varia de 700 mm e 1300 mm, enquanto que a deficiência hídrica ocorre de maio a novembro, principalmente no mês de agosto. A tabela 1 mostra a media mensal que foram registradas na estação experimental de Pedro Afonso – To, localizada a 47 km de distancia do município de Guaraí- TO, no período do desenvolvimento do experimento do sorgo sacarino.

**Tabela 2** – Dados meteorológicos da estação experimental de Pedro Afonso – TO, observados no período do desenvolvimento da avaliação do sorgo sacarino.

	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
<b>Precipitação (mm)</b>	16,60	6,80	7,40	4,20	0,00	0,00
<b>Tº Máxima (ºC)</b>	31,09	31,96	32,66	32,68	34,33	34,91
<b>Tº Mínima (ºC)</b>	22,33	23,21	22,99	22,52	20,31	19,04
<b>Tº Med.Comp. (ºC)</b>	25,40	26,40	26,40	26,50	26,00	25,70
<b>Umid. Rel. do Ar</b>	69,28	69,55	63,87	59,68	40,73	33,57
<b>Insolação (hr)</b>	127,20	168,00	190,00	216,60	264,10	292,50
<b>Veloc. do Vento</b>	1,20	1,30	0,90	1,20	1,30	1,30

Fonte: MAPA – INMET - 10º Distrito de Meteorologia de Goiânia-10º DISME-GO, 2011.

O solo do experimento é classificado como latossolo arenoso com teor de 19,45% de argila, amostrado e submetido a análise físico química na Faculdade Guaraí – FAG. A amostragem de solo apresentou os seguintes resultados: pH em água: 6.7; fósforo (P. extraível) :11.27 mg/dm<sup>3</sup>; potássio: 95.24 mg/dm<sup>3</sup>; ; cálcio: 2.00 cmol/dm<sup>3</sup>; magnésio: 1.10 cmol/dm<sup>3</sup>; alumínio: 0.00 cmol/dm<sup>3</sup>; v: 65 (%); M.O.: 45%.

## 4.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi conduzido em blocos casualizados 25 x 3, sendo 25 cultivares de sorgo sacarino em 3 repetições, em cada repetição um bloco, totalizando 75 parcelas (figura 2). As parcelas experimentais foram constituídas de quatro fileiras de cinco m de comprimento com espaçamento de 0,70 m entre elas, totalizando uma área de 14,00 m<sup>2</sup> (5.0m x 2.8m). A bordadura consistiu as duas linhas laterais da parcela. Desse modo, em cada parcela a área útil correspondeu às duas linhas centrais subtraídos 0,5 m de cada extremidade.

Figura 2 – Distribuição das cultivares de sorgo sacarino a campo em experimento conduzido no município de Guaraí - TO



Fonte do autor (2011).



### 4.3. Condução do experimento

No preparo da área o solo foi selecionado apresentando uniforme, com topografia plana e drenagem adequada. Na realização da semeadura foram empregadas técnicas usuais do sistema em plantio direto. As fontes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O utilizadas em 350 kg/ha<sup>-1</sup>, foi o fertilizante formulado 05-25-15 na adubação de base, com aplicação de nitrogênio realizada em cobertura na forma de uréia em 100 kg/há aos 25 dias após o plantio.

As cultivares utilizadas no experimento é material genético pertencente a Embrapa Milho e Sorgo com a seguinte identificação comercial: CMSXS 629, CMSXS 630, CMSXS 631, CMSXS 632, CMSXS 632, CMSXS 634, CMSXS 635, CMSXS 636, CMSXS 637, CMSXS 638, CMSXS 639, BRS 506, CMSXS 642, CMSXS 643, CMSXS 644, BR 507, CMSXS 646, CMSXS 647, CMSXS 648, BR 500, BR 501, BR 503, BR 505, BR 504 e BR 601.

O plantio foi realizado no dia 23 de fevereiro de 2011, época recomendada para a cultura do sorgo na região central do Tocantins atendendo às condições climáticas exigidas pela planta em cultivo safrinha. Em cada linha da parcela foram distribuídas uniformemente de 12 a 15 sementes por metro linear a uma profundidade de 3 a 4 cm. Após a cobertura das sementes a linha de plantio foi levemente compactada, para obter-se bom contato da semente com o solo.

O desbaste das plantas foi realizado aos 13 dias após a emergência, deixando-se 8 a 10 plantas por metro linear. Após o desbaste efetuou-se a capina manual para o controle de ervas daninhas eliminando-se todas as plantas invasoras da parcela.

Altura de planta foi avaliada um dia antes da colheita sendo efetuadas cinco leituras com régua graduada para se chegar a altura média das plantas da área útil da parcela, medida da superfície do solo ao ápice da panícula.

A determinação do florescimento de cada cultivar foi realizada com a contagem do número de dias decorridos da semeadura aos 50% das plantas da área útil das parcelas em fase de florescimento, apresentando flores abertas na metade superior da panícula.

A colheita foi realizada aos 115 dias após a semeadura com media de 57 dias após o florescimento através do corte do colmo de maneira manual a 10 cm da superfície do solo e após o corte retirou-se a panícula das plantas e realizou-se a pesagem através de uma balança manual.

As análises estatísticas foram realizadas através do programa Assistat versão 7.6 beta e as medias foram comparadas entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

#### **4.4 Metodologia para a avaliação das características agronômicas do sorgo sacarino**

A avaliação das características agronômicas tais como o numero de plantas, altura de plantas, florescimento, rendimento e concentração de caldo foi realizada na área útil da parcela. Através do peso das plantas determinou-se a produção de massa verde e matéria seca em  $t\ ha^{-1}$ ; na extração do caldo determinou-se o rendimento em  $l/ha^{-1}$  de caldo produzido e porcentagem de concentração no colmo.

Para determinação do peso de massa verde, foram pesadas em balança manual todas as plantas cortadas da área útil de cada parcela e transformado o peso em  $t\ ha^{-1}$ , sem a panícula. Posteriormente retiraram-se aleatoriamente oito plantas pesadas em balança digital e passadas em moenda de um terno por duas vezes para a extração do caldo e em seguida avaliou-se o seu rendimento em  $l/há$ . A determinação do ° Brix efetuou-se em caldo filtrado com papel filtro qualitativo, a partir da sexta gota, em refratômetro de acordo com método proposto pela AOAC (1990). Na avaliação de matéria seca expressa em  $t\ ha^{-1}$  foram separadas aleatoriamente cinco plantas colhidas da área útil e desfibradas em forrageiro retirando-se 500gr para secagem em estufa de ventilação forçada por um período de 72 hr em temperatura de 60 ° C. A porcentagem da concentração do caldo foi calculada através do peso de massa verde em relação à quantidade de caldo extraído e para a medição do pH do caldo utilizou-se o equipamento pH 21 – pH/MV Meter HANNA.

#### **4.5 Metodologia para a avaliação das características físico químicas do caldo do sorgo sacarino**

Para a avaliação dos sólidos solúveis totais expressos em (° Brix), pH do caldo, porcentagem de açúcares redutores (AR), pureza do caldo, pol, fibra e produção de açúcares totais recuperáveis (ATR) em kg por tonelada de massa verde processada, amostrou-se aleatoriamente oito plantas, sem panículas e sem palha, colhidas na área útil da parcela. Depois de pesadas foram encaminhadas ao laboratório (PCTS) - Pagamento de Cana por Teor de Sacarose, na Usina Bunge Açúcar e Bioenergia S/A – Pedro Afonso -TO. No laboratório as amostras foram desintegradas em desfibrador e homogeneizadas, posteriormente foi retirada uma sub amostra de 500 gr para extração do caldo em prensa hidráulica, com pressão mínima e constante de 250 kgf/cm<sup>2</sup> sobre a amostra, durante o tempo de um minuto e em seguida a amostra de caldo foi encaminhada para a realização das análises físico-químicas no laboratório Industrial da empresa. Apenas as cultivares CMSXS 636, BRS 506, CMSXS 644, CMSXS 648 e BR 601 foram avaliadas no laboratório.

Quanto a avaliação de açúcares redutores (AR%) seguiu-se a metodologia proposta por Somogy, adaptado por Nelson; (1944) e açúcares totais recuperáveis (ATR) determinado conforme metodologia descrita por Schneider; (1979).

A avaliação de Pol e estimativa de rendimento de etanol seguiu-se metodologia proposta pela CONSECANA (2006).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação das características agronômicas

O ensaio para avaliação das características agronômicas do sorgo sacarino foi implantado na safra de 2010/2011 na região central do Estado do Tocantins, época que apresentou condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do presente experimento. Não foram realizadas as avaliações de acamamento, incidência de pragas e doenças por não apresentar incidência no momento da colheita e a avaliação de produção de grãos foi prejudicada pelo intenso ataque de pássaros.

O número de plantas de sorgo sacarino (PLANTA) colhidas em 8 m/l na área útil da parcela variou de 82,6 a 111,33 plantas (Tabela 3), mesmo tendo sido feito desbaste no início do experimento visando manter 10 plantas por metro linear, esta variação pode ser atribuída a germinação tardia de algumas plantas e morte de outras. A média do ensaio situou-se em 96,93 plantas colhidas na área útil de cada parcela com densidade de plantas sugerida pela metodologia da EMBRAPA Milho e Sorgo que recomenda media ideal entre 8 a 10 plantas por metro linear para o cultivo de sorgo sacarino com densidade próxima de 154.000 plantas por hectare. A avaliação do número de plantas colhidas não apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no teste de Tukey, devido ao desbaste realizado aos 20 dias após a emergência das plântulas, com alto índice de sobrevivência de plantas entre as cultivares avaliadas.

**Tabela 3** - Características agronômicas da planta do sorgo sacarino obtidas em experimento conduzido no município de Guaraí – TO na safra agrícola de 2010/2011

<b>CULTIVARES</b>	<b>PLANTA (nº)</b>	<b>FLORESCIMENTO (DIAS)</b>	<b>ALTURA (M)</b>	<b>M.V. (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>M.S. (t ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>CMSXS 629</b>	100,00 <sup>a</sup>	59,00 <sup>abcde</sup>	3,08 <sup>abcd</sup>	59,99 <sup>ab</sup>	11,42 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 630</b>	94,66 <sup>a</sup>	63,66 <sup>ab</sup>	3,30 <sup>ab</sup>	77,14 <sup>a</sup>	16,43 <sup>a</sup>
<b>CMSXS 631</b>	97,66 <sup>a</sup>	63,00 <sup>abc</sup>	3,10 <sup>abcd</sup>	63,81 <sup>ab</sup>	12,90 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 632</b>	87,66 <sup>a</sup>	56,00 <sup>efgh</sup>	3,03 <sup>abcd</sup>	43,80 <sup>b</sup>	7,69 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 633</b>	108,33 <sup>a</sup>	57,66 <sup>defgh</sup>	2,97 <sup>abcd</sup>	59,52 <sup>ab</sup>	10,50 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 634</b>	99,33 <sup>a</sup>	60,33 <sup>abcdefg</sup>	3,07 <sup>abcd</sup>	62,38 <sup>ab</sup>	11,66 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 635</b>	100,66 <sup>a</sup>	55,00 <sup>gh</sup>	3,15 <sup>abcd</sup>	67,14 <sup>ab</sup>	14,35 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 636</b>	87,66 <sup>a</sup>	55,33 <sup>fgh</sup>	3,07 <sup>abcd</sup>	49,52 <sup>b</sup>	10,54 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 637</b>	97,33 <sup>a</sup>	58,66 <sup>bcde</sup>	2,97 <sup>abcd</sup>	64,76 <sup>ab</sup>	11,26 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 638</b>	90,00 <sup>a</sup>	55,66 <sup>efgh</sup>	3,10 <sup>abcd</sup>	47,14 <sup>b</sup>	6,01 <sup>c</sup>
<b>CMSXS 639</b>	94,66 <sup>a</sup>	57,00 <sup>defgh</sup>	3,20 <sup>abc</sup>	56,66 <sup>ab</sup>	9,90 <sup>abc</sup>
<b>BRS 506</b>	111,33 <sup>a</sup>	60,66 <sup>abcde</sup>	2,93 <sup>bcd</sup>	64,29 <sup>ab</sup>	11,39 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 642</b>	100,66 <sup>a</sup>	61,33 <sup>abcd</sup>	3,10 <sup>abcd</sup>	55,71 <sup>ab</sup>	6,18 <sup>bc</sup>
<b>CMSXS 643</b>	88,66 <sup>a</sup>	64,00 <sup>a</sup>	3,20 <sup>abc</sup>	66,19 <sup>ab</sup>	13,39 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 644</b>	88,00 <sup>a</sup>	59,33 <sup>abcde</sup>	3,51 <sup>a</sup>	67,61 <sup>ab</sup>	13,39 <sup>abc</sup>
<b>BR 507</b>	88,00 <sup>a</sup>	63,33 <sup>abc</sup>	3,13 <sup>abcd</sup>	61,42 <sup>ab</sup>	11,87 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 646</b>	97,66 <sup>a</sup>	59,00 <sup>abcde</sup>	3,23 <sup>ab</sup>	64,28 <sup>ab</sup>	14,08 <sup>abc</sup>
<b>CMSXS 647</b>	94,66 <sup>a</sup>	58,33 <sup>cdefgh</sup>	3,00 <sup>abcd</sup>	75,28 <sup>a</sup>	17,02 <sup>a</sup>
<b>CMSXS 648</b>	95,66 <sup>a</sup>	62,00 <sup>abcd</sup>	3,17 <sup>abcd</sup>	68,09 <sup>ab</sup>	15,86 <sup>ab</sup>
<b>BR 500</b>	91,00 <sup>a</sup>	57,00 <sup>defgh</sup>	3,33 <sup>ab</sup>	61,42 <sup>ab</sup>	9,80 <sup>abc</sup>
<b>BR 501</b>	103,00 <sup>a</sup>	59,00 <sup>abcde</sup>	2,67 <sup>d</sup>	65,23 <sup>ab</sup>	9,91 <sup>abc</sup>
<b>BR 503</b>	82,60 <sup>a</sup>	54,00 <sup>h</sup>	2,83 <sup>bcd</sup>	44,76 <sup>b</sup>	7,43 <sup>abc</sup>
<b>BR 505</b>	105,33 <sup>a</sup>	58,33 <sup>cdefgh</sup>	3,07 <sup>abcd</sup>	63,80 <sup>ab</sup>	14,57 <sup>abc</sup>
<b>BR 504</b>	97,00 <sup>a</sup>	55,00 <sup>gh</sup>	3,12 <sup>abcd</sup>	62,38 <sup>ab</sup>	8,92 <sup>abc</sup>
<b>BR 601</b>	95,00 <sup>a</sup>	56,00 <sup>efgh</sup>	2,70 <sup>cd</sup>	55,71 <sup>ab</sup>	8,17 <sup>abc</sup>
<b>CV%</b>	<b>9,61</b>	<b>2,19</b>	<b>5,29</b>	<b>13,26</b>	<b>15,59</b>

Letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação da altura de plantas (ALTURA), dias após a semeadura para o início do florescimento (FLORESCIMENTO), produção de massa verde (M.V.) e matéria seca (M.S.) em t ha<sup>-1</sup> (Tabela 3), houve diferença estatística a (p<0,05) mostrando que as cultivares difere geneticamente entre si. A cultivar que apresentou maior precocidade no florescimento foi a cultivar BR 503 aos

54 dias e a mais tardia foi a cultivar CMSXS 643 aos 64, com média geral de dias para o florescimento entre as cultivares aos 58 dias.

Souza et al., (2010) em experimento conduzido no outono e verão, avaliando 25 cultivares de sorgo sacarino, material genético da Embrapa, mostrou média geral de 68 dias após semeadura.

A precocidade do sorgo sacarino torna-se uma característica determinante para seu uso em cultivo safrinha, tanto na produção de grãos e silagem para alimentação animal como para bioenergia, pois o período curto de chuvas no cerrado tocantinense que compreende a safrinha destaca o cultivo do sorgo sacarino em condições que outras culturas normalmente apresentam significativos índices de perdas de produtividade ocasionado pelo déficit hídrico, possibilitando aumento na produção de biocombustíveis em um período de baixa oferta de matéria prima causada pela entre safra da cana de açúcar.

A avaliação da altura de plantas identificou a cultivar CMSXS 644 com a maior média 3,51 m e a cultivar BR 501 a menor com 2,70 m. Parrella; et. al., (2010) em avaliação de 25 cultivares de sorgo sacarino, conduzido em varias regiões, em safra de verão, apresentou as seguintes medias de altura de plantas: Sete Lagoas – MG: 3,23; Nova Porteirinha – MG: 2,76; Mocambinho – MG: 2,67; Goiânia – GO: 2,53; Sinop – MT: 2,74.

A média geral de 58 dias para o inicio de florescimento do sorgo sacarino encontrada na região central do Tocantins mostra a baixa sensibilidade das cultivares ao foto período que não interferiu no desenvolvimento de seu ciclo mesmo em região próximas á Linha do Equador, situação geográfica do Estado do Tocantins, apresentando media de altura das plantas avaliadas com estatura superior aos cultivos realizados em regiões de menor longitude que apresentam predomínio de foto período favorável ao seu cultivo no outono.

De acordo com os trabalhos realizados para a avaliação de sorgo sacarino, os rendimentos na cultura são influenciados pelo comprimento dos dias, pela radiação solar global e também pela necessidade de condições favoráveis ao crescimento, podendo acarretar em antecipação dos estádios fisiológicos da cultura depreciando o produto com diminuição da produção.

O clima tropical predominante na região central do Tocantins definido em estação chuvosa, nos meses de novembro a abril, com predominância de temperaturas próximas dos 25 ° C e intensa taxa de luminosidade contribuem para o desenvolvimento vegetativo das plantas de sorgo sacarino em seu ciclo normal, proporcionando rendimentos na produção de massa verde entre 43,80 a 77,14 t há<sup>-1</sup>, respectivamente nas cultivares CMSXS 630 e CMSXS 632, obtendo uma produção média geral de 61,14 t ha<sup>-1</sup> de massa verde, media superior as encontradas por Parrella; et. al., (2010) em avaliação de 25 cultivares de sorgo sacarino no verão do ano agrícola 2009/10 em experimentos conduzidos em diferentes regiões: Sete Lagoas – MG: 50,97 t ha<sup>-1</sup>; Nova Porteirinha – MG: 49,80 t ha<sup>-1</sup>; Mocambinho – MG: 39,86 t ha<sup>-1</sup>; Goiânia – GO: 54,73 t ha<sup>-1</sup> ; Sinop – MT: 36,45 t ha<sup>-1</sup> e Souza; et. al., (2010) apresentou na avaliação de 25 cultivares de sorgo sacarino em Janaúba - MG, media de produção de massa verde com 42,72 t ha<sup>-1</sup> em experimento conduzido no outono e 59,78 t ha<sup>-1</sup> no verão.

A seleção das cultivares mais produtivas de sorgo sacarino avaliados na região central do Tocantins demonstra a viabilidade de seu cultivo na região, tendo em vista que é uma cultura de ciclo relativamente curto e sua produção de massa verde equipara-se á produtividade média brasileira de biomassa da cana de açúcar com 77,79 t há<sup>-1</sup>. (CONAB, 2011).

Na avaliação de biomassa, o rendimento de massa verde, também é um parâmetro interessante quanto ao aproveitamento do material residual após a extração do caldo, na alimentação animal. Neste aspecto podemos citar que as cultivares forrageiras e graníferas, comumente utilizadas na confecção de silagem para alimentação de ruminantes apresentam rendimentos de 60 a 80 t ha<sup>-1</sup> podendo considerar que as cultivares de sorgo sacarino avaliados neste ensaio, quanto ao aspecto produtivo, tem desempenho satisfatório na produção de massa verde, vindo a ser uma ótima opção para agricultura familiar, pois permite a exploração tanto de produção de energia limpa quanto de alimentação animal.

O maior rendimento de matéria verde e matéria seca geralmente estão associados à maior altura de planta, conforme estudo de Zago (1991), que relata à forte influencia do porte do sorgo na produção de matéria seca. Leite

(2006) destaca que a altura de plantas na cultura do sorgo é uma variável de crescimento importante por se correlacionar positivamente com as características de produção de matéria seca.

A cultivar CMSXS 647 apresentou media de 17,02 t ha<sup>-1</sup> e a menor media na cultivar CMSXS 638 com 6,01 t ha<sup>-1</sup> apresentando media geral entre as 25 cultivares de 10,85 t ha<sup>-1</sup>, média inferior a encontrada por Brant; et. al., (2011) com 18,80 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca em avaliação de genótipos de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Nova Porteirinha – Mg.

A relação de produção de massa verde e seca também pode ser influenciada pelo consumo de energia gasto no processo de respiração, visto que o município de Guarai -TO, encontra-se a uma altitude de 290 m acima do nível do mar, havendo baixa oscilação de temperaturas entre o período diurno e noturno, com predominância de temperaturas elevadas a noite. Segundo Guimarães; Sanas; (2006) o aumento de 5 ° C na temperatura ótima noturna pode reduzir a produtividade em ate 33% devido o aumento da taxa de respiração noturna e em estudo de Eastin; et. al., (1978) relata que para cada 1 ° C de aumento na temperatura noturna há uma taxa de aumento de respiração em torno de 14%.

Os resultados de rendimento de caldo (l/há), concentração de caldo (%), ° Brix (%) e pH são apresentados na Tabela 4, todas estas variáveis diferiram estaticamente entre si (p<0,05). A literatura considera como uma boa cultivar, aquela que apresenta 50% ou mais de concentração de caldo. A cultivar CMSXS 647 apresentou rendimento de 17,19 l/ha<sup>-1</sup> e 25% de concentração de caldo no colmo, média considerada baixa quando comparadas aos valores encontrados na análise de extração de caldo realizada por Souza; et. al., (2010) no cultivo de 25 cultivares de sorgo sacarino conduzido na safra agrícola 2010 no período de outono/inverno em Janaúba – MG, obtendo media de 37,45% de extração de caldo e Cunha; Filho (2010) em avaliação de cultivares e híbridos de sorgo sacarino apresentam medias de porcentagem de concentração de caldo entre 39,7 a 47,1% e rendimento de caldo entre 21,12 a 30,14 m<sup>3</sup> /há.

Em avaliação de sorgo sacarino, Borges; et al., (2010) indicam que aos 16 após o florescimento é possível realizar o corte do sorgo, pois a cultura



apresenta disponibilidade de caldo com concentração de açúcar viável para a produção de etanol. Podemos considerar que no presente trabalho a avaliação do rendimento e concentração de caldo pode ter sofrido interferência da baixa eficiência da moenda de um terno na extração de caldo e também o atraso da colheita pode ter contribuído para os baixos rendimentos e concentração de caldo, visto que o corte dos colmos ocorreu aos 57 dias após o florescimento, causando perdas acentuadas principalmente em cultivares que apresentaram ciclo precoce.

**Tabela 4** - Características agrônômicas do caldo do sorgo sacarino obtidas em experimento conduzido no município de Guaraí TO na safra agrícola de 2010/11

CULTIVARES	Rendimento de Caldo (l/há)	Concentração de caldo (%)	°Brix (%)	pH
<b>CMSXS 629</b>	11,4 <sup>abcd</sup>	20,33 <sup>ab</sup>	21,66 <sup>abc</sup>	4,92 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 630</b>	16,43 <sup>ab</sup>	22,73 <sup>ab</sup>	22,66 <sup>abc</sup>	4,82 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 631</b>	12,90 <sup>abcd</sup>	21,01 <sup>ab</sup>	23,16 <sup>a</sup>	4,99 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 632</b>	7,69 <sup>bcd</sup>	20,46 <sup>ab</sup>	18,00 <sup>cde</sup>	4,94 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 633</b>	10,50 <sup>abcd</sup>	18,83 <sup>ab</sup>	22,83 <sup>ab</sup>	4,94 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 634</b>	11,65 <sup>abcd</sup>	19,74 <sup>ab</sup>	21,83 <sup>abc</sup>	4,81 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 635</b>	14,34 <sup>abcd</sup>	22,60 <sup>ab</sup>	18,33 <sup>bcde</sup>	5,01 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 636</b>	10,54 <sup>abcd</sup>	22,85 <sup>ab</sup>	22,33 <sup>abc</sup>	4,90 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 637</b>	11,25 <sup>abcd</sup>	18,48 <sup>ab</sup>	23,66 <sup>abcde</sup>	4,83 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 638</b>	6,01 <sup>d</sup>	14,10 <sup>ab</sup>	20,33 <sup>abcde</sup>	4,84 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 639</b>	9,90 <sup>abcd</sup>	18,55 <sup>ab</sup>	20,00 <sup>abcde</sup>	4,93 <sup>ab</sup>
<b>BRS 506</b>	11,39 <sup>abcd</sup>	18,82 <sup>ab</sup>	23,33 <sup>a</sup>	4,87 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 642</b>	6,82 <sup>d</sup>	11,76 <sup>ab</sup>	23,33 <sup>a</sup>	4,67 <sup>b</sup>
<b>CMSXS 643</b>	13,92 <sup>abcd</sup>	21,77 <sup>ab</sup>	22,33 <sup>abc</sup>	4,83 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 644</b>	12,24 <sup>abcd</sup>	13,42 <sup>ab</sup>	20,66 <sup>abcd</sup>	4,84 <sup>ab</sup>
<b>BR 507</b>	11,86 <sup>abcd</sup>	19,41 <sup>ab</sup>	23,66 <sup>a</sup>	4,95 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 646</b>	14,83 <sup>abcd</sup>	22,64 <sup>ab</sup>	22,16 <sup>abc</sup>	4,88 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 647</b>	17,19 <sup>a</sup>	25,44 <sup>a</sup>	22,00 <sup>abc</sup>	4,86 <sup>ab</sup>
<b>CMSXS 648</b>	15,63 <sup>abc</sup>	24,61 <sup>a</sup>	20,66 <sup>abcd</sup>	4,87 <sup>ab</sup>
<b>BR 500</b>	9,99 <sup>abcd</sup>	17,46 <sup>ab</sup>	21,66 <sup>abc</sup>	4,93 <sup>ab</sup>
<b>BR 501</b>	9,73 <sup>abcd</sup>	15,67 <sup>ab</sup>	16,33 <sup>de</sup>	5,05 <sup>ab</sup>
<b>BR 503</b>	7,43 <sup>cd</sup>	17,46 <sup>ab</sup>	21,66 <sup>abc</sup>	4,91 <sup>ab</sup>
<b>BR 505</b>	14,57 <sup>abcd</sup>	23,76 <sup>ab</sup>	22,66 <sup>abc</sup>	5,13 <sup>a</sup>
<b>BR 504</b>	8,92 <sup>abcd</sup>	14,9 <sup>ab</sup>	20,33 <sup>abcde</sup>	4,89 <sup>ab</sup>
<b>BR 601</b>	8,7 <sup>bcd</sup>	15,05 <sup>ab</sup>	15,66 <sup>e</sup>	4,96 <sup>ab</sup>
<b>CV%</b>	<b>24,58</b>	<b>20,19</b>	<b>7,14</b>	<b>2,44</b>

Letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A avaliação de rendimento e concentração de caldo foi feita aos 115 dias após a semeadura, por recomendação da EMBRAPA, seguindo o mesmo procedimento adotado no ensaio nacional de avaliação de sorgo sacarino, porém cabe maior investigação neste aspecto, pois em acompanhamento paralelo em que foi medido em uma planta por parcela, semanalmente, verificou-se que o maior rendimento médio de caldo foi obtido aos 77 dias após

a semeadura, porém não foi possível a realização da análise estatística dos dados devido ao número reduzido de plantas processadas.

Os resultados obtidos de sólidos solúveis totais (° BRIX) apresentam média geral das 25 cultivares com 21,50 °Brix, demonstrando a superioridade das cultivares CMSXS 631, CMSXS 633, CMSXS 634, CMSXS 637, CMSXS 642 e Br 507, também obtido por Parrella; et. al., (2010), com média geral de 17.55 ° Brix para 25 cultivares avaliadas. Borges; et. al., (2010) relata que aos 44 dias após florescimento ha queda significativa de açúcares no caldo do sorgo sacarino e de acordo com Tsuchihashi; Goto; (2004) apud Borges; et al., (2010), após esse período ha conversão dos compostos, principalmente açúcares em forma de celulose.

As culturas bioenergéticas sacarinas cultivadas para extração de sacarose condicionam seu potencial produtivo às condições climáticas, expressando máxima produtividade em condições de temperaturas e umidade para seu pleno desenvolvimento na fase vegetativa seguida de restrição hídrica para reforçar o repouso e enriquecimento em concentrações de açúcares na época de corte, podendo diminuir o potencial de sacarose na cultura em regiões com altas precipitações pluviométricas no período de colheita.

Na região do cerrado o clima definido em duas estações, a chuvosa favorece o desenvolvimento vegetativo do sorgo sacarino e na estiagem ocorre maior concentração de sacarose em seu colmo pela alta taxa de luminosidade e baixa absorção de água, período que pode determinar maiores rendimentos de açúcares e melhor desempenho na colheita com solo seco permitindo o trafega de maquinas diminuindo a compactação.

A determinação da época de colheita para a região central do Tocantins, clima típico de cerrado, sugere-se maior aprofundamento para a determinação de corte do sorgo sacarino conduzido no período de safrinha visto que a partir do mês de abril as precipitações pluviométricas apresentam-se com relativa escassez (tabela 1) intensificando o metabolismo da planta e a baixa absorção de água pode interferir diretamente na qualidade da matéria prima a ser destinada ao processamento de etanol apresentando baixos índices de caldo acentuando a concentração de açúcares.

O maior valor de pH foi obtido para o caldo extraído da cultivar BR 505 com 5,01 e o menor valor encontrado na cultivar CMSXS 642 com 4,67. O pH do caldo do sorgo sacarino, manteve-se dentro dos padrões recomendados para o processo fermentativo na produção de etanol utilizado em destilarias de processamento da cana de açúcar entre 5,0 a 6,8 possibilitando seu uso no processo fermentativo do caldo sem perdas de sacarose, pois em soluções ácidas a sacarose hidrolisa-se com facilidade em altas velocidades que aumentam notavelmente com o aumento da temperatura e diminuição do pH. Esta reação hidrolítica é denominada de inversão e causa perda de sacarose.

## **5.2 Avaliações das características físico químicas do caldo**

A determinação das características de açúcares redutores (AR) e açúcares totais recuperáveis (ATR) é de grande importância para o controle industrial da fabricação de açúcar e etanol. Na Tabela 5 são apresentados os dados referentes à avaliação das características físico químicas do caldo do sorgo sacarino que compreende: Açúcares Redutores no caldo (AR%), sacarose (POL%) fibra do colmo (FIBRA%), pureza do caldo (PUREZA%) e Produção de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) em kg/t de massa verde e produção em kg/há e verifica-se que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares avaliadas, supostamente pelo atraso da colheita, uniformizando os resultados.

Os valores encontrados de porcentagem de açúcares redutores do caldo (AR%) indicador de glicose, frutose presentes no caldo do sorgo sacarino é um parâmetro utilizado para a determinação da qualidade da matéria prima a ser utilizada na produção do etanol. Segundo o CONSECANA (2006), valores de açúcares redutores do caldo próximo de 1% expressam a qualidade padrão da matéria prima utilizada no processo de destilação, pois índices superiores ou inferiores afetam diretamente a sua pureza, refletindo em menor eficiência na recuperação da sacarose pela indústria. A variação dos valores de açúcares redutores do caldo pode ser influenciada pela qualidade do colmo, impurezas

no processo de colheita, processamento de cana bisada e a presença de dextrana. Os valores obtidos na cultivar CMSXS 636 com média de 0,93% de AR e média de 79% de pureza do caldo refletem em maior produção de ATR com 124,48 kg por tonelada de massa verde processada, porém com menor estimativa de produção de hectare (6,16 kg) justificada pela baixa produção de massa verde (49,52 t ha<sup>-1</sup>) e a cultivar CMSXS 647 embora apresente AR% com 1,29% com pureza do caldo em 68,68% sua produção de ATR é de 114.06 kg por tonelada de massa verde processada e quando calculado em hectare tem potencial para produzir acima de 8,500 kg/há de ATR pela elevada produção de massa verde (75,28 t há<sup>-1</sup>) conforme dados da tabela 3.

**Tabela 5** – Análises de sorgo sacarino obtidas em experimento conduzido no município de Guaraí – TO na safra agrícola de 2010/11

CULTIVARES	AR (%)	POL (%)	FIBRA (%)	PUREZA (%)	PRODUÇÃO ATR (kg/t M.V.) (kg/há)	
<b>CMSXS 636</b>	0.93 <sup>a</sup>	15.55 <sup>a</sup>	15.87 <sup>a</sup>	79.60 <sup>a</sup>	124.48 <sup>a</sup>	6.162 <sup>a</sup>
<b>BRS 506</b>	1.16 <sup>a</sup>	15.63 <sup>a</sup>	16.79 <sup>a</sup>	72.27 <sup>a</sup>	124.30 <sup>a</sup>	7.991 <sup>a</sup>
<b>CMSXS 644</b>	1.13 <sup>a</sup>	14.78 <sup>a</sup>	18.92 <sup>a</sup>	73.04 <sup>a</sup>	113.02 <sup>a</sup>	7.641 <sup>a</sup>
<b>CMSXS 647</b>	1.29 <sup>a</sup>	14.23 <sup>a</sup>	16.99 <sup>a</sup>	68.68 <sup>a</sup>	114.06 <sup>a</sup>	8.586 <sup>a</sup>
<b>CMSXS 648</b>	1.04 <sup>a</sup>	14.29 <sup>a</sup>	15.77 <sup>a</sup>	75.65 <sup>a</sup>	115.26 <sup>a</sup>	7.841 <sup>a</sup>
<b>BR 601</b>	0.99 <sup>a</sup>	15.62 <sup>a</sup>	18.71 <sup>a</sup>	77.40 <sup>a</sup>	118.50 <sup>a</sup>	6.601 <sup>a</sup>
<b>CV%</b>	26.45	10.11	8.25	9.79	8.77	8.77

Letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

A análise Pol % que representa o teor de sacarose aparente na cana é fator determinante da qualidade da matéria prima para a indústria canavieira, pois quanto mais elevados os teores de sacarose maior será o rendimento no processamento de etanol. A maior porcentagem de sacarose foi constatada na cultivar BRS 506 com 15,63% e a menor na cultivar CMSXS 647 com 14,23% e média de 15,01 % entre as cultivares analisadas, não apresentando diferença estatística entre as 25 cultivares avaliadas. Vidal; et. al., (1983) avaliando o caldo de sorgo sacarino apresentam valores de Pol % entre 6,53 a 10,00 % e

pureza 61,53 %. Os valores mínimos para Pol recomendados para início e decorrer da safra da cana de açúcar são de 14,4 a 15,3% respectivamente. (FERNANDES 1982). Liu; et. al., (1984), apud Teixeira; et al., (1999) realizaram experimentos com sorgo sacarino e constataram que o teor mais alto de sacarose e rendimento elevado de biomassa foi obtido após 120 dias do plantio, porém na região central do Tocantins alerta-se para a possibilidade de antecipação do período de corte, em face dos baixos resultados obtidos na produção de caldo, visto que os ajustes no período de colheita pode possibilitar maiores rendimentos na indústria.

Estudos relatam que a porcentagem de fibra no colmo do sorgo sacarino reflete na eficiência da extração do caldo em moenda, pois segundo (FERNANDES 1982) quanto maior o teor de fibra da cana, menor será a eficiência de extração de caldo, porém menor serão as injúrias ao colmo causadas por danos mecânicos no corte, carregamento e transporte da matéria prima, reduzindo a possibilidade de contaminação por microorganismos, além de diminuir perdas por acamamento da planta, fator depreciativo em cultivares de sorgo sacarino como também na cana de açúcar. O teor de fibra é parâmetro importante no processo de moagem do colmo e disponibilidade de resíduos (bagaço) para aquecimento de caldeiras e co-geração de eletricidade e esta sendo intensificada a pesquisa para sua utilização na produção de etanol em 2ª geração de biocombustíveis.

Na industrialização da cana de açúcar, Ripolli, T; Ripolli, M (2004) relatam porcentagem ideal de fibra entre 11 a 13% para seu processamento. A avaliação de fibra do sorgo sacarino apresenta porcentagens de 18,92% na cultivar CMSXS 644 e 15,77% na cultivar CMSXS 648. Embora o sorgo sacarino apresente teor de fibra superior ao da cana de açúcar, pequenos ajustes nas moendas de três ternos possibilitam a extração de caldo do sorgo sacarino com índices de extração próximo ao da cana de açúcar, podendo atingir eficiência máxima de extração em sistema de difusão, tendência utilizada nas grandes destilarias de etanol.

A maior média de porcentagem de pureza do caldo do sorgo sacarino encontra-se na cultivar CMSXS 636 com 79,60% e na cultivar CMSXS 647 a média ficou em 68,68% ajustando média geral de 74,75%, viabilizando seu uso

para destilação na produção de etanol, pois Stupiello; (2000) cita que a pureza do caldo a cana de açúcar é o indicador da quantidade de açúcares em relação aos sólidos solúveis do caldo, pois quanto maior a pureza melhor é a qualidade da matéria prima para se recuperar açúcar. (RIPOLLI, T; RIPOLLI, M, 2004). Em avaliação de sorgo sacarino, Linton; et. al., (2011) apud Medeiros; et. al. (2011), relatam índices de 80% de pureza no caldo no colmo, destacando que no aumento da porcentagem de ° Brix, ATR e fibra, houve aumento considerável na produção de etanol, tanto na 1ª como na 2ª geração de bioenergia.

Na avaliação de produção de ATR, obteve-se a média de 118,27 kg por tonelada de massa verde processada. Para a EMBRAPA, o padrão mínimo de produção de ATR para a viabilidade do uso do sorgo sacarino na produção de etanol é de 100 a 120 kg por tonelada de massa verde, valores inferiores ao padrão de processamento da cana de açúcar na Usina Bunge Açúcar e Bioenergia localizada no município de Pedro Afonso – TO, que tem como meta para a safra de 2012 a produção de 140,10 kg de ATR por tonelada de cana processada, porem deve-se atentar que no início da colheita da cana de açúcar esses valores dificilmente são atingidos pelo fato da cana não encontrar-se em fase completa de maturação justificando-se o uso do sorgo na produção de etanol nas destilarias. Embora a produção de ATR do sorgo sacarino apresente índices inferiores ao da cana, justifica-se seu cultivo para a produção de matéria prima bioenergética, no seu ciclo reduzido de cultivo conduzido na entre safra da cana, utilização de maquinário adequado para o cultivo de outras culturas, maximização do uso do complexo das usinas e seu caldo possui valores de sólidos solúveis totais equivalentes aos encontrados na cana de açúcar (RIBEIRO; FILHO et. al., 2008), gerando benefícios econômicos ao agricultor a sua comercialização. (COSTA et. al., 2009).

Atualmente o país concentra esforços para aumentar a produção de etanol com o objetivo de atender a demanda interna e externa de bicomustíveis. O cultivo do sorgo sacarino em pós cultivo da soja ou feijão das águas possibilita a geração de maior volume de energias limpas em período de cultivo menor que demais culturas conduzidas na região no período de safrinha e com menores riscos de perda de produção por estiagem.

A oferta de matéria prima de sorgo sacarino poderá vir a ser uma opção lucrativa tanto para os produtores como para as usinas, visto que essas, com a comercialização de matéria prima provinda da agricultura familiar, seriam beneficiadas pelo incentivo do governo federal através da aquisição do selo social, incluindo a agricultura familiar no cenário bioenergético brasileiro, incrementando a geração de renda e fixação do homem no campo.

A estimativa de produção de etanol a partir da produção de açúcares total redutores (ATR), Tabela 5, mostra produção entre 73,60 a 66,82 litros de etanol em função da quantidade de ATR produzida no processamento de uma tonelada de colmo de sorgo sacarino e estimativa de produção entre 3,64 a 5.07 litros/ ha<sup>-1</sup>, valores próximos aos apresentados por Borges; et. al., (2010) com médias entre 3,508 a 6,636 litros/ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 6.** Estimativa da produção de etanol em litros por tonelada de colmo processado e calculado em produção por hectare no experimento conduzido no município de Guaraí – TO na safra agrícola de 2010/11

CULTIVARES	ESTIMATIVA DE ETANOL	
	(Litros/ t MV)	(litros/ha)
<b>CMSXS 636</b>	73.60	3.647
<b>BRS 506</b>	73.49	4.724
<b>CMSXS 644</b>	66.82	4.517
<b>CMSXS 647</b>	66.43	5.077
<b>CMSXS 648</b>	68.14	4.640
<b>BR 601</b>	70.06	3.935

Letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O potencial mínimo de produção de etanol de cultivares de sorgo sacarino proposto pelo programa Metas de Controle de Qualidade em Sorgo Sacarino da EMBRAPA é no mínimo 60 litros de etanol por tonelada de massa verde industrializada. Todas as cultivares de sorgo sacarino desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Sorgo Sacarino da EMBRAPA,



apresentam potencial de rendimento de aproximadamente quatro mil litros de etanol por hectare em um período inferior a quatro meses, tempo gasto para completar seu ciclo. Esses valores são bastante atrativos, ao considerar que o sorgo sacarino é uma cultura que apresenta satisfatória adaptação em clima de cerrado, podendo realizar sua colheita com a finalidade de produção de etanol com utilização da rebrota no período da entre safra da cana de açúcar, período esse em que as usinas encontram-se inativas pela baixa concentração de açúcar encontrada na cana, tornando-se uma alternativa promissora para otimizar o uso das máquinas amenizando a escassez de bicomcombustível.

## 6. CONCLUSÃO

O sorgo sacarino apresenta-se como uma eficiente alternativa de matéria prima para a produção de etanol na Região Central do Estado do Tocantins com produtividade competitiva em condições de clima semi-árido principalmente tratando-se de uma espécie que pode ser cultivada durante a entressafra da cana de açúcar complementando a produção de etanol nas usinas de álcool.

Entre as cultivares de sorgo sacarino avaliadas destaca-se em precocidade de florescimento a BR 503, BR 504, CMSXS 635, CMSXS 638 para cultivo em safrinha, pois seu ciclo precoce maximiza o rendimento de caldo para a produção de etanol reduzindo perdas ocasionadas pela estiagem.

As cultivares BRS 506 e CMSXS 642 destacam-se em produção de sólidos solúveis totais ( ° Brix).

Na produção de massa verde e matéria seca as cultivares CMSXS 630 e CMSXS 647 apresentam-se com rendimentos equiparados ao da cana de açúcar, sendo a cultivar CMSXS 647 a de maior produção em volume e concentração de caldo.

A colheita pode ser realizada a partir dos 19 dias após florescimento, porem deve-se avaliar com maior aprofundamento científico esse período visando a maximização da produção de etanol, visto que a concentração de açúcares aumenta com a diminuição do rendimento do caldo.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analyses of the AOAC**. 15ed. Washington, Assoc. OFF. Agric. Chem., 1990, p. 1105-1106.

AZEVEDO, J. A. G.; EREIRA, J. C.; QUEIROZ, A.C.; CARNEIRO, P. C. S.; LANA, R. de P.; BARBOSA, M.H.P.; FERNANDES, A. M.; RENNÓ, F. P. **Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Revista Brasileira de Zootecnia. Viçosa, MG: v. 32, n. 6 p. 1443-1453, 2003.

BORGONOV, R. A. & GIACOMINI, F. **Recomendações para cultivo do sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAA/CNPMS, 1980. 77 P. (Circular Técnica 01).

BRANT, L. M. S. et. al.,; **Altura de plantas e produtividade de matéria seca de genótipos de sorgo sacarino cultivado no outono-inverno**. XII Seminário e pesquisa e pos-graduação. Disponível em <[WWW.fepeg.unimontes.com.br/index.php/eventos/forum2011](http://WWW.fepeg.unimontes.com.br/index.php/eventos/forum2011)>. Acesso em: 25 de mar. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. **Plano Nacional de Agroenergia 2006–2011**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2006. 110 p.

BRASIL – MAPA. Plano nacional de agroenergia – PNA. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2005.

BORGES, I. D., et. al. **Composição Do caldo Extraído Dos Colmos Da Cultivar De Sorgo Sacarino BRS 506 (*Sorghum bicolor* L.)** XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010.

BRIEGER, F. O. **INICIO DA SAFRA: COMO DETERMINAR A MATURAÇÃO**. Ribeirão Preto: Boletim Informativo Copreste, n. 4 (único), abr. 1968.

CARVALHO, L. C. C. Etanol: Perspectivas do Mercado. In: MORAES, M. A. F. D.; SHIKIDA, P.F. A. (orgs.) **Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. São Paulo: Atlas, 2002.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, janeiro/2011**. Brasília: Conab, 2011. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1\\_cana\\_10.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1_cana_10.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2011.

CONSECANA (2006). **Conselho de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo**. Manual de Instrução. Piracicaba/SP, 112 p.

COSTA, J. A. B.; PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M. de. **Avaliação da sistemática de cálculos para efeito de pagamento de cana pelos açúcares totais recuperáveis (ATR) nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e São Paulo**. Revista Inter Science Place. Rio de Janeiro: v. 2, n. 07, 2009.

CUNHA, S.P; FILHO, W.A.S. **Avanços tecnológicos na obtenção de etanol a partir de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L.) Moench**. Revista TECNOLÓGICA, Santa Cruz do Sul: v. 14, n. 2, p. 69 -75, jul/dez 2010.

EASTIN, J. D. **Photosynthesis and translocation in relation to plant development**. In: RAO, N.G.P.; HOUSE, L.R. (Eds.) *Sorghum in Seventies*. New Delhi: Oxford & IBH, 1972. P. 214-246.

EMBRAPA, CENTRO NACIONAL DE MILHO E SORGO. **Boletim agrometeorológico ano agrícola**. Sete Lagoas: 2004.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sistema de produção, 2**. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica 6ª. Ed. Set./2010. Disponível em: <[http://www.cnpms.EMBRAPA.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/adubacao.htm](http://www.cnpms.EMBRAPA.br/publicacoes/sorgo_6_ed/adubacao.htm)>. Acesso em: 24 de nov de 2011.

FERNANDES, A.C.; **Comportamento agro-industrial de seis variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum SSP.*) com e sem ferti-irrigação**. 1982. 82 f. Dissertação mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Disponível em: Universidade de São Paulo, 1982.

GIACOMINI, S. F. **Sorgo sacarino para produção álcool**. Sorgo/Tecnologia de Produção Inf. Agropec., Belo Horizonte - (56) ago. pg. 8. 1979

GUIMARÃES, D, P.; SANAS, L. M. A.: **Variabilidade espaço-temporal da temperatura noturna em Minas Gerais**. Disponível em: Disponível em: <http://www.alice.cnptia.EMBRAPA.br/handle/doc/490271>. Acesso em: 25 de fev. 2012.

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI.; **O Novo Ciclo da Cana: Estudo sobre a Competitividade do Sistema Agroindustrial da Cana-de-Açúcar e Prospecção de Novos Investimentos**. IEL/NC/SEBRAE, 2006. Disponível em: <[www.iel.cni.org.br](http://www.iel.cni.org.br)>. Acesso em: 14 maio 2011.

LEITE, A, R. P. **Atributos agronômicos do sorgo forrageiro em Latossolo da Amazonia em função da adubação fosfatada, nitrogenada e calagem**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2006. 2p. Dissertação (mestrado).

MEDEIROS, A. L.; SANTOS, D. T.; GARCIA, J. C.; **Viabilidade Econômica e Arranjos Produtivos**. Agroenergia em Revista. Ed. 3. Agosto de 2011.

MAGALHÃES; P. C.; DURÃES; F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Ecofisiologia**. In: **Cultivo do Sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.EMBRAPA.br/publicacoes/sorgo/ecofisiologia.htm>>. Acesso em: 25 Nov. 2011.

NELSON, N. A **fotometric adaptation of Smogy method for the determination of glucose**. *Jornal of Biologic Chemistry*. V. 153. 375-380, 1994.

OLIVEIRA, A. J. de; RAMALHO, J. (Coord.). **Plano Nacional de Agroenergia: 2006 – 2011**. 2. Ed. Ver. Brasília, DF: EMBRAPA Informações Tecnológicas, 2006.110p.

PARRELLA, R, A. C.; et al. **Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol. 2010**. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/865570>>. Acesso em: 25 de outubro de 2011.

Relatório do IPCC/ONU. **Novos Cenários Climáticos**. Paris 02/02/2007. Versão em português. Disponível em: <[www.ecolatina.com.br](http://www.ecolatina.com.br)>. Acesso em: 28 de out. 2011.

RIBAS, P. M. **Sorgo: Introdução e Importância Econômica**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003. 16 p. (EMBRAPA Milho e Sorgo. Documentos, 26)

RIBEIRO FILHO, N. M; et. al.; **Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para a produção de aguardente**. R. BRAS. de Prod. Agroind. 1: 9-16. 2008.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302 p.

SANTOS, F. G.; **Avaliação do comportamento de genótipos de sorgo para resistência a seca**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 1996, Londrina, PR. **Resumos**. Londrina: IAPAR, 1996. p. 32.

SCHAFFERT, R. E. Determinação do período útil de industrialização para o sorgo sacarino. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**. 1980-1984. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/CNPMS. 1986. p.155-157.

SCHNEIDER, F. (Ed.). **Sugar analysis methods**. Peterborough: ICUMSA, 1979. 256 p.

SILVA, A. F. **Métodos culturais de sorgo**. Informe Agropecuário. v. 12, n.144, p.34-35, 1986.

SILVA, J. G.; et. al.,; **Balço energético cultural da produção de álcool etílico de cana de açúcar, mandioca e sorgo sacarino** – fase agrícola e industrial. Brasil açucareiro, 11(6): 8-21, 1976.

SOUZA, V. F.; et. al.; **Desempenho de Cultivares de Sorgo Sacarino em Duas Épocas de Plantio no Norte de Minas Gerais Visando a Produção de Etanol**. Goiânia: EMBRAPA, ano 2010. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.EMBRAPA.br/handle/doc/898939>>. Acesso em: 26 de outubro de 2011.

STUPIELLO, J. P. **Pureza da cana e seu impacto no processamento. STAB: açúcar, álcool e sub-produtos**. Piracicaba, v. 18, n. 3 p. 12 jan./fev. 2000.

TEIXEIRA, C. G.; et. al.,; **Influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino**. Pesq. Agrop. Brasil. Brasília, v. 34, n. 9, p. 1601 – 1606. Set. 1999.

VIDAL, A. A.; NEPTUNE, A. M. L.; **Aproveitamento de algumas fontes de potássio pelo sorgo sacarino**. Anais da E.S.A. “Luiz de Queiróz”. Vol. XL – 1983.

ZAGO, C.P.; **Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo**. In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4,199, Piracicaba. Anais. Piracicaba: FEALQ,1991.