

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PARÂMETROS FITOTÉCNICOS E INDUSTRIAIS DE  
GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO NA REGIÃO  
CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**TESE DE DOUTORADO**

**Andriéli Hedlund Bandeira**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**

**PARÂMETROS FITOTÉCNICOS E INDUSTRIAIS DE  
GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO NA REGIÃO CENTRAL  
DO RIO GRANDE DO SUL**

**Andriéli Hedlund Bandeira**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em  
Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia**

**Orientador; Prof. Sandro Luis Petter Medeiros**

**Santa Maria,RS, Brasil**

**2014**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado**

**PARÂMETROS FITOTÉCNICOS E INDUSTRIAS DE GENÓTIPOS DE  
SORGO SACARINO NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO  
SUL**

elaborada por  
**Andriéli Hedlund Bandeira**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Sandro Luis Petter Medeiros, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**Beatriz Marti Emygdio, Dr<sup>a</sup>. (EMBRAPA)**

---

**Cleusa Adriane Menegassi Bianchi Kruger, Dr<sup>a</sup>. (Unijuí)**

---

**José Antônio Gonzalez da Silva, Dr. (Unijuí)**

---

**Liziany Müller Medeiros, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**

Santa Maria, 21 de fevereiro de 2014.

**Dedico este trabalho aos meus pais Luiz Alberto Flores Bandeira e Elenir Maria**

**Hedlund Bandeira**

## AGRADECIMENTOS

*Á Deus que ilumina nossas vidas e por sempre me mostrar o caminho certo a seguir.*

*Aos meus pais amados Luiz Alberto e Elenir Maria, que me ofereceram a oportunidade de seguir nos estudos, que sempre me apoiaram e acreditaram em mim, permanecendo sempre ao meu lado nesta caminhada. Meu eterno agradecimento.*

*A minha querida irmã Aline H. Bandeira e Rafael F. S Cerqueira (irmão e amigo) que mesmo longe sempre torceram por mim e acreditaram nos meus objetivos, apoiando e incentivando meus planos de vida. Ao meu sobrinho amado Luiz Artur B. Peripolli, razão do meu viver, paixão da minha vida e meu afilhado Yann A. de Sá. Adoro vocês!*

*Agradeço a Lineu T. Leal, pelo incentivo, pela confiança, paciência e compreensão durante mais essa etapa da minha vida. Não tenho palavras para agradecer o quanto sou grata pela tua ajuda. Obrigada por estar sempre ao meu lado, celebrando os momentos felizes, me apoiando nos momentos difíceis, sendo meu amigo, companheiro e marido sua amizade pra mim não tem preço. Te amo muito!*

*Ao professor Sandro L. Petter Medeiros, pela orientação, confiança e amizade para a execução deste trabalho. Obrigada por acreditar no meu potencial e pela oportunidade de buscar novos horizontes para meus conhecimentos. Aos professores José Gonzalez e Cleusa Kruger pelas contribuições ao trabalho realizado, o meu muito obrigada! A pesquisadora Beatriz M. Emygdio pelas oportunidades proporcionadas e por acreditar na realização desse trabalho, sua participação foi muito especial para a minha formação.*

*A minha amiga, “mãe”, “irmã” e “orientadora” Liziany Muller muito obrigada pelos ensinamentos e por acreditar no meu potencial, as cobranças durante minha graduação e pós-graduação (mestrado) foram essenciais para o meu aprendizado. Muito Obrigada!*

*Aos amigos, colegas e bolsistas do Núcleo de Pesquisa em Ecofisiologia (NUPEC), pela amizade, convívio, colaboração na execução dos experimentos: Ericmar A. dos Santos, Fagner S. Dias, Pablo R. Sangoi, Silvia C. P. Nunes, e em especial, Jean C. Biondo e Nayra G. Silva que sempre estiveram ao meu lado, me ajudando e apoiando, sem vocês nada disso teria sido possível, muito obrigada pelo mate para espantar o cansaço e por tornarem a rotina do laboratório divertida, alegre e menos cansativa.*

*A minha prima Paula Moletta por me aguentar reclamando em casa quando algo não dava certo, obrigada pela paciência. Aos amigos Silvia C. P. Nunes, Jean C. Biondo, Bruna Alves, Aline da Rosas pela agradável companhia durante as disciplinas da pós-graduação e PEG.*

*Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial ao João Colpo, pela ajuda na realização das atividades de campo. Ao professor Sandro José Giacomini pela ajuda na realização das análises laboratoriais. Muito Obrigada!*

*À Universidade Federal de Santa Maria e ao Centro de Ciências Rurais pelos conhecimentos adquiridos no decorrer de minha formação acadêmica e no curso de Pós-graduação.*

*Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar o curso e a Capes pela concessão da bolsa de estudos e pela concretização de um objetivo o curso de mestrado.*

*A todos que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho meu sincero agradecimento.*

## RESUMO

Tese de Doutorado

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

### PARÂMETROS FITOTÉCNICOS E INDUSTRIAIS DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: ANDRIÉLI HEDLUND BANDEIRA

ORIENTADOR: SANDRO LUIS PETTER MEDEIROS

Data e local da defesa: Santa Maria, 21 de fevereiro de 2014.

O sorgo sacarino vem se destacando como opção viável para a fabricação de etanol no período de entre safra da cana-de-açúcar, possibilitando, assim, a ampliação do período de fabricação de álcool e um maior aproveitamento da mão-de-obra rural e demais meios de produção. Logo, o objetivo de trabalho foi estudar o crescimento, desenvolvimento e parâmetros tecnológicos de sorgo sacarino em duas safras agrícolas. Foram realizados dois experimentos em Santa Maria, localizada na Depressão Central do Rio Grande do Sul. O experimento I foi conduzido no período de outubro de 2011 a abril de 2012, e o experimento II de outubro de 2012 a maio de 2013. Nos dois experimentos o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. A semeadura do sorgo sacarino foi realizada em outubro, novembro e dezembro de cada ano, na densidade de 120 mil plantas por hectare e após o início a emergência foram realizadas as avaliações do crescimento e desenvolvimento, as quais ocorreram em um intervalo médio de 15 dias, no início da maturação do sorgo sacarino foram realizadas as avaliações dos parâmetros tecnológicos. A avaliação dos genótipos associado a épocas de semeadura é um indicativo do comportamento nas condições da Depressão Central do RS, mais precisamente no município de Santa Maria e ajudaram na identificação de genótipos mais adaptados as condições locais.

**Palavras-chaves:** Brix, filocrono, produtividade, *Sorghum bicolor*

## **ABSTRACT**

Doctorate's Theses

Agronomy Post-Graduation Program

Federal University of Santa Maria, RS, Brazil.

### **TEMPERATURE BASE, PRODUCTIVITY AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF SWEET SORGHUM IN THE CITY OF SANTA MARIA,**

**RS.AUTHOR: ANDRIÉLI HEDLUND BANDEIRA**

**ADVISER: SANDRO LUIS PETTER MEDEIROS**

Santa Maria, february, 21, 2014.

The sweet sorghum stands out as a viable option for ethanol production during the harvest period between the cane sugar, thus allowing the extension of the period of production of alcohol and greater use of hand labor and rural other means of production. Therefore, the aim of research was to study the growth, development and technological parameters of sweet sorghum in two growing seasons. Two experiments were conducted in Santa Maria, located in the Central Depression of Rio Grande do Sul. The first experiment was conducted from October 2011 to April 2012, and the second trial from October 2012 to May 2013. In both experiments the experimental design was a randomized block with four replications. The sowing of sorghum was held in October, November and December each year, with a density of 120 000 plants per hectare after starting the emergency were performed assessments of growth and development, which occurred at an average interval of 15 days in the early maturation of sweet sorghum assessments of technological parameters were performed. The evaluation of the genotypes associated with sowing times is indicative of behavior in terms of the RS Central Depression, more precisely in the municipality of Santa Maria and helped to identify genotypes better adapted to local conditions.

**Key words:** Brix, phyllochron, productivity, *Sorghum bicolor*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>CAPÍTULO II</b> -.....	34
Figura 1 - Valores mensais de precipitação e da temperatura mínima do ar (Tmin), temperatura média do ar (Tmédia), temperatura máxima do ar (Tmax) do período experimental de outubro de 2011 a abril de 2012. UFSM (2014).....	39
Figura 2 - Valores mensais de precipitação e da temperatura mínima do ar (Tmin), temperatura média do ar (Tmédia), temperatura máxima do ar (Tmax) do período experimental de outubro de 2012 a maio de 2013. UFSM (2014). .....	39
<b>CAPÍTULO III</b> - .....	51
Figura 1 - Valores mensais de precipitação e da temperatura mínima do ar (Tmin), temperatura média do ar (Tmédia), temperatura máxima do ar (Tmax) do período experimental de outubro de 2012 a maio de 2013. UFSM (2014) .....	56

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO I – .....</b>	<b>20</b>
Tabela 1 - Estimativa da temperatura base inferior (°C) por meio dos métodos: Menor desvio-padrão em graus-dia (DPgdd); Menor desvio-padrão em dias (DPdia); Coeficiente de variação em graus-dia (CVgdd) e Coeficiente de regressão (CR), para quatro genótipos de sorgo sacarino. UFSM (2014). .....	26
Tabela 2 - Grau de significância (Pr<F) da análise de variância para as variáveis ciclo da cultura (dias), soma térmica (ST) do subperíodo emergência (EM) até folha bandeira visível (FB) e da emergência (EM) até a maturação (MAT) para genótipos de sorgo sacarino, espaçamento de entrelinhas e épocas de semeaduras. UFSM (2014).....	27
Tabela 3 - Duração em dias e a soma térmica do subperíodo emergência – folha bandeira visível de quatro genótipos de sorgo sacarino em três épocas de semeaduras. UFSM (2014)...	28
Tabela 4 - Duração do ciclo (dias) e a soma térmica do subperíodo emergência – maturação fisiológica, de quatro genótipos de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeaduras. UFSM (2014).....	29
 <b>CAPÍTULO II – .....</b>	 <b>34</b>
Tabela 1 - Grau de significância (Pr<F) da análise de variância para as variáveis taxa de surgimento de folhas (TSF), taxa de alongamento de folhas (TAF), taxa de alongamento de colmo (TEC), número de folhas acumuladas (NFA) e filocrono (FILO) para genótipos de sorgo sacarino, espaçamento de entrelinhas e épocas de semeaduras. UFSM (2014).....	40
Tabela 2 - Taxa de alongamento de folhas (TAF); taxa de surgimento de folhas (TSF), número de folhas acumuladas (NFA), filocrono (FIL) e taxa de alongamento de colmo (TEC) de genótipos de sorgo sacarino submetido a diferentes épocas de semeaduras. UFSM (2014) .....	42
Tabela 3 - Taxa de alongamento de colmo (TEC); filocrono (FIL); taxa de surgimento de folhas (TSF); número de folhas acumuladas (NFA) e taxa de alongamento de folhas (TAF) de sorgo sacarino submetido a diferentes espaçamentos de entrelinhas e épocas de semeaduras. UFSM (2014).....	44
Tabela 4 - Taxa alongamento de folhas (TAF); taxa de surgimento de folhas (TSF); número de folhas acumuladas (NFA); filocrono (FIL) e taxa de alongamento do colmo (TEC) de genótipos de sorgo sacarino submetido a diferentes espaçamentos entrelinhas. UFSM (2014)....	45

<b>CAPÍTULO III – .....</b>	<b>51</b>
Tabela 1 - Grau de significância ( $Pr < F$ ) da análise de variância para as variáveis estatura de plantas (EST), comprimento de colmo (CCMO), diâmetro de colmo (DIAM), °brix (SST), produtividade de parte aérea (PPAR), produtividade de folhas (PFS), produtividade de colmo (PCMO) e produtividade de panícula (PPAN) para genótipos de sorgo sacarino, espaçamento de entrelinhas e épocas de semeaduras. UFSM (2014). .....	56
Tabela 2 - Brix do caldo (SST); estatura de plantas (EST,); comprimento de colmo (CCMO); produtividades de parte aérea (PPAR) e colmo (PCMO); diâmetro de colmo (DIAM); produtividade de folhas (PFS) e panícula (PPAN) de sorgo sacarino submetido a diferentes espaçamentos de entrelinhas e épocas de semeaduras. UFSM (2014). .....	59
Tabela 3 - Valores médios para o Brix do caldo (SST); produtividade de folhas (PFS) e panícula (PPAN) de genótipo de sorgo sacarino submetido a diferentes épocas de semeadura. UFSM (2014). .....	61
Tabela 4 - Valores médios para estatura de plantas (EST); comprimento de colmo (CCMO), diâmetro de colmo (DCMO), produtividade de parte aérea (PPAR) e colmo (PCMO) de genótipo de sorgo sacarino submetido a diferentes épocas de semeaduras. UFSM (2014). ....	63
Tabela 5 - Valores médios para Brix do caldo (SST); estatura de plantas (EST,); comprimento de colmo (CCMO); produtividades de parte aérea (PPAR) e colmo (PCMO); diâmetro de colmo (DIAM); produtividade de folhas (PFS) e panícula (PPAN) de sorgo sacarino submetido a diferentes espaçamentos de entrelinhas. UFSM (2014). .....	64

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.1 Revisão de literatura</b> .....	<b>15</b>
1.1.1 Sorgo e sua importância .....	15
1.1.2 Crescimento e desenvolvimento .....	16
1.1.3 Maturação, qualidade e produtividade do sorgo sacarino .....	18
<b>CAPÍTULO I - TEMPERATURA BASE INFERIOR (T<sub>b</sub>) E EXIGÊNCIA TÉRMICA DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1 Resumo</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2. Abstract</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3 Introdução</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4 Material e Métodos</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5 Resultados e Discussão</b> .....	<b>25</b>
<b>2.6. Conclusão</b> .....	<b>30</b>
<b>2.7. Literatura Citada – Referências Bibliográficas</b> .....	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO II - VARIÁVEIS MORFOGÊNICAS NO COLMO PRINCIPAL DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO EM DISTINTAS ÉPOCAS DE SEMEADURAS</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.34</b>
<b>3.1 Resumo</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.34</b>
<b>3.2. Abstract</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.4</b>
<b>3.3 Introdução</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.35</b>
<b>3.4 Material e Métodos</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.7</b>
<b>3.5 Resultados e Discussão</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.9</b>
<b>3.6. Conclusão</b> .....	<b>46</b>
<b>3.7. Literatura Citada – Referências Bibliográficas</b> .....	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO III – EFEITO DA ÉPOCA DE SEMEADURA E ESPAÇAMENTO DE ENTRELINHAS NO DESEMPENHO PRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1 Resumo</b> .....	<b>51</b>
<b>4.2. Abstract</b> .....	<b>52</b>

<b>4.3 Introdução .....</b>	<b>52</b>
<b>4.4 Material e Métodos.....</b>	<b>54</b>
<b>4.5 Resultados e Discussão .....</b>	<b>56</b>
<b>4.6. Conclusão .....</b>	<b>66</b>
<b>4.7. Literatura Citada – Referências Bibliográficas.....</b>	<b>66</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>70</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Entre as culturas que se destacam pelo grande potencial energético estão a cana-de-açúcar, a beterraba açucareira e o sorgo sacarino. Dentre estas a cana-de-açúcar apresenta a maior área de cultivo e produtividade no Brasil, entretanto, devido às grandes variações climáticas existentes no país, não é possível o cultivo da cana-de-açúcar em todas as regiões com o mesmo índice de produtividade encontrado nas regiões centro-sul e nordeste. Como alternativa encontra-se o sorgo sacarino que apresenta similaridades à cana-de-açúcar, quanto ao armazenamento do açúcar no colmo, além do fornecimento de bagaço para a indústria usineira (OLIVEIRA, 1986).

O sorgo sacarino difere da cana-de-açúcar para a produção de etanol, devido à rapidez do ciclo de produção (120 a 130 dias), facilidades de mecanização da cultura, teor de açúcares no colmo relativamente alto e a versatilidade em termos de fatores climáticos. Fatores que justificam as vantagens desta cultura em relação às demais culturas, podendo o sorgo pelo seu ciclo curto ocupar o espaço de entressafra da cana-de-açúcar e proporcionar então um período anual completo de produção de matéria-prima para o etanol (CHIELLE, 1984; BYE et al., 1993).

Existem poucos relatos na literatura atual sobre o crescimento, desenvolvimento e qualidade industrial do sorgo sacarino no RS, mais precisamente no município de Santa Maria. Os últimos relatos são da década de 80, sendo que muitas das cultivares utilizadas naquela época já estão em desuso. De acordo com Emygdio (2010), o programa de melhoramento de sorgo sacarino da Embrapa foi reativado com o foco do desenvolvimento de cultivares híbridas com maior teor de açúcares (oriundas de pai e mãe de colmo doce e succulento), permitindo elevar a produção de biomassa e o plantio em qualquer época do ano.

O sorgo pode ser classificado agronomicamente em quatro grupos: granífero, silageiro/sacarino, forrageiro e vassoura. Os mais utilizados são o granífero e forrageiro. As recomendações para época de semeadura indicadas para o sorgo abrange todos os grupos. Para a região Central do RS os meses de setembro e outubro são identificados como a época mais adequada ao plantio, a fim de obter a máxima produção de biomassa e rendimento de grãos (RODRIGUES et al, 2009). Logo, a identificação da época de semeadura adequada para o sorgo sacarino é importante, já que a época de semeadura interfere na disponibilidade de fatores condicionantes (temperatura e umidade do ar e do solo, fotoperíodo e outros fatores que variam com o tempo) do crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas (FILGUEIREDO et al., 1984).

Assim como a época de semeadura, o espaçamento de entrelinhas e o genótipo escolhido interferem na produtividade da cultura e na qualidade de etanol produzido. De maneira geral, o espaçamento utilizado para a semeadura de sorgo é de 0,70 m entrelinhas. No entanto, diversos autores relatam que há tendência de aumento de produtividade em condições de espaçamento de entrelinhas reduzido, devido a um maior aumento na eficiência da utilização de luz, água, nutrientes e controle de plantas daninhas (CHIELLE et al., 2001; ALVAREZ et al., 2002; COELHO et al., 2002). Além disso, o sorgo oferece enormes possibilidades ao melhorista na obtenção de cultivares com alta capacidade energética, produtividade de biomassa, rendimento de colmo, extração e qualidade de caldo (CREELMAN et al., 1982; LIPINSKY; KRESOVICH, 1982).

Com base no exposto acima, torna-se necessário gerar informações sobre a introdução de novos genótipos, épocas de semeadura e espaçamento de entrelinhas para as condições edafoclimáticas de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Assim, os objetivos deste estudo foram:

- (1) estimar a temperatura base inferior;
- (2) estudar a morfogênese do colmo principal;
- (3) quantificar a produção de colmos dos genótipos utilizados;
- (4) avaliar a produtividade da biomassa, componentes de qualidade, com base nas diferenças de épocas de semeaduras e espaçamento de entrelinhas.

## **1.1 Revisão da literatura**

### **1.1.1 Sorgo sacarino e sua importância**

O sorgo, pertence à família *Poaceae*, é cultivado em diversas regiões do mundo. Algumas evidências apontam que seu centro de origem é na África oriental, mais precisamente na Etiópia e Sudão (MARTIN, 1975). No Brasil, a cultura do sorgo começou a se desenvolver a partir da década de 70, tornando-se uma das mais versáteis, em termos de possibilidades de utilização (RIBAS, 2008).

Agronomicamente o sorgo pode ser classificado em quatro grupos: granífero, silageiro/sacarino, forrageiro 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 ou cobertura morta (híbridos interespecíficos de *Sorghum bicolor* x *Sorghum*

*sudanense*). O quarto grupo inclui tipos de cujas panículas são confeccionadas as vassouras de palha. Dos quatro grupos, o sorgo granífero é o que tem maior expressão econômica e esta entre os cinco cereais mais cultivados em todo o planeta, ficando atrás do arroz, trigo, milho e cevada (RODRIGUES et al., 2009).

No Brasil, a área cultivada com sorgo granífero é de cerca de 725 mil hectares, o que gera em torno de dois milhões de toneladas de grãos (IBGE, 2012). A cultura do sorgo sacarino ainda não é tão expressiva no Brasil, mas desponta como alternativa para a produção de etanol, principalmente em regiões com baixa precipitação e solos ácidos (PARRELLA, 2009).

O sorgo sacarino caracteriza-se por produzir massa verde de boa qualidade e quantidade, podendo ser usada na alimentação direta ou armazenada na forma de silagem e como fonte energética para produção de álcool e açúcar. Mesmo em condições de estresse hídrico podem produzir um volume satisfatório de massa verde. Entretanto, quando as condições são favoráveis e a semeadura é feita em período adequado, expressam seu potencial rapidamente, permitindo um segundo corte (RODRIGUES et al., 2009).

Juntamente com a cana-de-açúcar, a fitomassa do sorgo é considerada de alta qualidade energética, adequada para a produção de biocombustíveis a partir de todas as partes da parte aérea. Difere das demais culturas energéticas por ser menos exigente em água do que a cana sacarina; menos exigente em nitrogênio do que o milho; menos susceptível a pragas e doenças que o milho; fácil manejo no que diz respeito às técnicas culturais; pode ser utilizada como dupla aptidão (silagem/produção de álcool e açúcar) é uma das culturas mais eficientes em termos energéticos (ZAGO, 1997; MAGALHÃES et al., 2000; PARRELLA, 2009). Adapta-se a uma ampla variação de ambientes e produz sob condições desfavoráveis à maioria dos outros cereais (MAGALHÃES et al., 2000). Suas características permitem ampliar a época de plantio, que se estende desde o mês de setembro até março, para as condições do Centro-Sul brasileiro, despertando muito interesse pela semeadura em sucessão às culturas precoces de verão (ZAGO, 1997).

### **1.1.2 Crescimento e desenvolvimento**

O sorgo é uma planta de metabolismo C4 (a carboxilação inicial é catalisada pela fosfoenolpiruvato carboxilase, produzindo um composto de quatro carbonos, oxaloacetato, que é imediatamente convertido em malato ou aspartato), de dia curto (florescem apenas em

dias curtos ou têm florescimento acelerado por dias curtos) e com altas taxas fotossintéticas (TAIZ; ZIGER, 2009).

A grande maioria das constituições genéticas de sorgo (granífero, silageiro/sacarino, forrageiro e vassoura) requerem temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento (MAGALHÃES, et al., 2000b). A planta de sorgo tolera mais, o déficit de água, do que a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo. A fenologia da cultura pode ser dividido em três fases: EC1 – que vai da sementeira até a iniciação da panícula; EC2 – iniciação da panícula até o florescimento e EC3 – que vai da floração a maturação fisiológica (MAGALHÃES e DURÃES, 2003).

O crescimento e o desenvolvimento da cultura, de acordo com Magalhães et al.(2000), estão diretamente relacionado com a temperatura do ar noturna ocorrida em cada estágio de desenvolvimento, ou seja, a temperatura ótima varia com o genótipo, sendo que 5°C acima do valor da temperatura ótima noturna pode reduzir até 33% a produtividade. Isso se deve a uma elevação da taxa de respiração noturna, conforme Eastin et al. (1978) para cada 1°C de aumento na temperatura noturna ocorre uma taxa de aumento de respiração em torno de 14%.

A temperatura requerida para um ótimo crescimento e desenvolvimento não é determinada para os diferentes genótipos de sorgo, mesmo sabendo que essa temperatura ótima varia para cada genótipo. Por tanto, considera-se que a temperatura ótima esta entre 33 a 34°C, sendo que acima de 38°C e abaixo de 16°C a produtividade decresce (MAGALHÃES et al, 2000b). Baixas temperaturas durante o desenvolvimento vegetativo (< 10°C) causam redução da área foliar, do perfilhamento, da altura, da acumulação de fitomassa seca, além do atraso na data de floração. Isto é devido a uma redução da síntese de clorofila, especialmente nas folhas que se formam primeiro na planta jovem com consequente redução da fotossíntese (MAGALHÃES et al, 2000).

No estágio fenológico que compreende da iniciação da panícula até o florescimento (EC2), os efeitos da temperatura se manifestam no número de grãos por panícula afetando diretamente o rendimento final de grãos. Temperaturas mais altas geralmente tendem a antecipar a antese, assim como pode causar aborto floral, além disso, temperaturas baixas estimulam perfilhamento basal e o desenvolvimento da panícula principalmente por seu efeito sobre a esterilidade das espiguetas. A sensibilidade a temperaturas baixas é maior durante a meiose (MAGALHÃES e DURÃES, 2003).

O fotoperíodo é outro fator de importância na cultura do sorgo. Durante a juvenilidade, a planta de sorgo é insensível ao fotoperíodo, posteriormente a esta fase inicia-se a fase indutiva ao florescimento, na qual torna-se sensível a esse fator (KARANDE *et al.*

1996; ALAGARSWAMY *et al.* 1998; CRAUFURD & QI, 2001). Nesta fase, sob fotoperíodos indutivos, as plantas de sorgo passam por mudanças fisiológicas no meristema apical, culminando com a iniciação do meristema floral.

Assim como o fotoperíodo, a temperatura do ar também pode atuar como um sinal na diferenciação floral nas plantas de sorgo (ELLIS *et al.* 1997, MORGAN *et al.* 1987). Devido aos efeitos de fotoperíodos indutivos e de temperaturas mais elevadas, Machado *et al.* (1987) e Allen e Musick (1993) verificaram antecipação dos estádios fenológicos do sorgo sacarino com o atraso na data de semeadura, em ensaios experimentais realizados em São Paulo e Texas, respectivamente.

### **1.1.3 Maturação, qualidade e produtividade do sorgo sacarino**

Fisiologicamente, a maturação é alcançada quando os colmos atingem o seu máximo potencial de armazenamento de açúcares (reduzidos e totais) no caldo e na percentagem de caldo extraível. Para Schaffert *et al.*(1980), a maturação do colmo do sorgo sacarino ocorre após a planta atingir o estágio de florescimento, no qual inicia-se o processo da concentração de açúcares em taxas mais elevadas até o ponto de atingir a maturação fisiológica dos grãos. Os autores ainda relatam que a determinação dos valores de açúcares reduzidos presentes no caldo é um excelente indicativo para a determinação do ponto ótimo de colheita. Sendo a colheita diretamente influenciável pelo genótipo escolhido e as condições ambientais (SCHAFFERT *et al.*, 1980).

Em termos práticos, o sorgo sacarino é considerado maduro, ou em condições de ser industrializado, a partir do momento em que apresentar um teor mínimo de açúcar redutor total (ART) no caldo acima de 12,5%, pois as leveduras utilizadas no processo de fermentação industrial podem converter este o açúcar em etanol dentro de 6 a 10 horas, resultando em alta eficiência da utilização dos tanques de fermentação (BORGONOVÍ; GIACOMINI, 1980; SCHAFFERT; PARRELLA, 2012). Segundo Borgonovi e Giacomini (1980) esse teor é, geralmente, obtido quando planta se encontrar no estágio de grão pastoso a massa firme, conseqüentemente, é considerado apto para colheita.

A qualidade da cultura como fonte energética é definida por Fernandes (2000), como um conjunto de características intrínsecas da planta alteradas pelo manejo agrícola e industrial, as quais definem o seu potencial na produção de açúcar e etanol. Sendo as principais análises realizadas como padrão de qualidade da cultura ao chegar a indústria de beneficiamento são: a) brix (indica a quantidade de sólidos solúveis presentes na amostra, em

peso); b) pureza (relação entre a porcentagem em massa de sacarose e sólidos solúveis totais contidas em uma solução açucarada); c) fibra (porcentagem em massa de matéria seca insolúvel presente na biomassa); d) açúcares redutores - AR (determinam a quantidade de açúcar invertido – glicose e frutose - e demais substâncias redutoras presentes na amostra) e e) açúcares redutores totais - ART (determina a quantidade de açúcares redutores totais presentes na amostra, obtida pela hidrólise total da sacarose) (CONSECANA, 2006). Conforme pesquisas da Embrapa Milho e Sorgo, a extração de 80 kg t<sup>-1</sup> de açúcar (em prensa hidráulica padrão) obterá uma produção de 2000 a 2500 litros de etanol por hectare, (EMBRAPA, 2012).

O número de dias em que um genótipo apresenta um teor de ART e de extração de açúcar superior a 12,5% (aproximadamente corresponde a um teor de °brix de 14,25 a 14,5%) e 80 kg t<sup>-1</sup>, respectivamente, é definido como o período útil de industrialização ou período de utilização industrial (PUI) (SHAFFERT et al., 1986). Esse período de utilização sofre interferência do genótipo utilizado e das condições ambientais dos locais de cultivo, no entanto, preconizam-se genótipos que apresentem um PUI mínimo de 30 dias. No geral, as variedades apresentam um PUI superior aos híbridos, isso ocorre porque os híbridos são oriundos de linhagens fêmeas com colmos suculentos e não doce, além disso essas linhagens foram desenvolvidos para máxima produção de grãos, fator indesejável ao sorgo sacarino, pela maior suscetibilidade ao acamamento, bem como um possível dreno da acumulação de açúcar, via fotossíntese para o acúmulo de amido no caldo (SHAFFERT et al., 1986; SCHAFFERT; PARELLA, 2012).

Cultivos de sorgo sacarino realizados na década de 80 para a região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, com a finalidade avaliar o potencial produtivo, relatam produtividade média de biomassa verde e colmo despalhado de 46,0 e 34,7 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com média de °brix em torno de 13,90% (MARCHEZAN; SILVA, 1984). Teixeira et al. (1997) avaliando produção de sorgo sacarino em São Paulo, SP, encontraram produtividade média de sorgo sacarino de 45,0 t ha<sup>-1</sup> de colmos e 3,0 t ha<sup>-1</sup> de grãos. Esses resultados indicam que a Depressão Central do RS, pode ser uma região potencial para introdução do sorgo sacarino como cultura promissora, pois os resultados obtidos foram similares ao encontrado no Sudeste. No entanto, novos trabalhos devem ser realizados para avaliar os novos materiais oriundos dos programas de melhoramento genético do sorgo sacarino, visto que os materiais anteriormente testados estão em desuso, sendo gradativamente substituídos por genótipos mais produtivos, suculentos e doces.

## CAPÍTULO I

### TEMPERATURA BASE INFERIOR (T<sub>b</sub>) E EXIGÊNCIA TÉRMICA DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO

#### LOWER BASE TEMPERATURE (T<sub>b</sub>) AND THERMAL DEMAND GENOTYPES SWEET SORGHUM

##### 2.1. Resumo

O trabalho tem o objetivo de estimar a temperatura base (T<sub>b</sub>) para estudos de exigência térmica para quatro variedades de sorgo sacarino oriundos do programa de melhoramento da Fepagro (Fepagro 19) e da Embrapa (BRS 506, BRS 509 e BRS 511). Foram realizadas três épocas de semeadura (outubro, novembro e dezembro) em dois anos agrícolas (2011/2012 e 2012/2013) em Santa Maria, RS. Os métodos utilizados para o cálculo da T<sub>b</sub> foram o do menor desvio-padrão em graus-dia, menor desvio-padrão em dias, coeficiente de variação em graus-dia e coeficiente de regressão, seguindo a metodologia desenvolvida por Yang et al.(1995). A determinação da temperatura base inferior de cada genótipo auxilia na caracterização da exigência térmica específica dos materiais de sorgo sacarino, favorecendo no planejamento da época de semeadura mais adequada, evitando uma possível estacionalidade de produção. Os valores de T<sub>b</sub> para os genótipos estudados variam entre 8,2 a 14,8°C, dependendo do método de estimativa da T<sub>b</sub>. Os valores médios estimados para as variedades de sorgo sacarino foram de 11,6; 11,8; 8,9 e 10,8°C para os genótipos Fepagro 19, BRS 506, BRS 509 e BRS 511, respectivamente. O genótipo Fepagro 19 apresentou o maior ciclo vegetativo entre os genótipos estudados, sendo uma boa opção na sua utilização como dupla aptidão.

**Palavras-chave:** crescimento, desenvolvimento, produtividade, *Sorghum bicolor*, temperatura limiar.

## 2.2 Abstract

The work aims to estimate the base temperature (T<sub>b</sub>) for studies of thermal requirement for four varieties of sweet sorghum originating in the improvement program Fepagro (Fepagro 19) and Embrapa (BRS 506, BRS 509 and BRS 511). Three sowing dates (October, November and December) were conducted in two growing seasons (2011/ 2012 and 2012/2013) in Santa Maria, RS. The methods used for the calculation of T<sub>b</sub> were the lowest standard deviation in degree-days, less days in standard deviation, coefficient of variation in degree days and regression coefficient, following the methodology developed by Yang et al. (1995). The determination of the lower base temperature of each genotype assists in characterizing the specific heat requirement of sorghum materials , favoring in planning the most appropriate time of sowing, avoiding a possible seasonal production . T<sub>b</sub> values for genotypes ranging from 8.2 to 14.8°C, depending on the method of estimation of T<sub>b</sub>. The average values estimated for the varieties of sweet sorghum were 11.6; 11.8; 8.9 and 10.8 ° C for 19 Fepagro , BRS 506 , BRS 509 and BRS 511 genotypes, respectively . The Fepagro 19 genotype had the highest growth cycle among the genotypes studied, with a good choice in its use as a dual purpose.

**Key words:** growth, development, productivity, *Sorghum bicolor*, threshold temperature.

## 2.3 Introdução

A cultura do sorgo começou a se desenvolver no Brasil a partir da década de 70 com o programa Pró-álcool, tornando-se uma das mais versáteis, em termos de possibilidades de utilização (RIBAS, 2008). Atualmente, a cultura do sorgo sacarino vem ganhando importância no cenário agrícola brasileiro, por ser uma opção viável em áreas de renovação de canaviais e pastagens, bem como em áreas de solos hidromórficos. Por ser considerada uma espécie bem adaptada a ambientes com estresses abióticos, especialmente, de temperatura do ar e umidade de solo. Além disto, seu ciclo de cultivo e colheita fica compreendido no período da entressafra da cana-de-açúcar, especialmente na região Centro-Sul, potencializando a produção de etanol e produtos artesanais no Rio Grande do Sul, permitindo assim um incremento de renda para os agricultores (BANDEIRA, et al., 2012; EMBRAPA, 2012).

O Rio Grande do Sul, por não se caracterizar como região tradicional produtora de etanol, possui poucos relatos, sobre o manejo de tratos culturais (épocas de semeadura, espaçamento entre linhas, densidade de plantas, genótipos, entre outros) de sorgo sacarino. Os últimos resultados relatados para a região Central do RS são da década de 80, sendo que muitos dos genótipos utilizados naquela época estão em desuso, visto que pelo melhoramento genético, os materiais da atualidade são mais produtivos, e assim, com exigências térmicas diferenciadas.

A recomendação de manejo correta é de suma importância para o sucesso da cultura e garante ao produtor a rentabilidade da atividade sem onerar custos. Para que isso ocorra devemos entender e compreender o ciclo fenológico da cultura, sendo para o sorgo sacarino dividido em três fases: EC1(subperíodo que compreende a germinação; aparecimento da plântula; crescimento e desenvolvimento das folhas e estabelecimento do sistema radicular); EC2 (diferenciação do meristema apical em meristema floral; desenvolvimento da inflorescência até antese) e EC3 (maturação dos grãos e senescência das folhas) (PINHO; VASCONCELOS, 2000).

Sob o ponto de vista fenológico, considera-se que as plantas seguem um calendário biológico, regido pela temperatura do ar, geralmente utilizam-se as variáveis morfogênicas como descritor de tempo biológico, o qual é contabilizado pelo “tempo térmico”, expresso em graus-dia ( $^{\circ}\text{C}$  dia). Sendo assim, o desenvolvimento vegetal é relacionado com o acúmulo da temperatura do ar acima da temperatura base inferior ( $T_b$ ), que corresponde ao valor de temperatura abaixo da qual não ocorre desenvolvimento ou este é tão lento que pode ser considerado desprezível (McMASTER; WILHELM, 1997; LOZADA; ANGELOCCI, 1999; MULLER et al., 2009). Portanto, a  $T_b$  é uma variável que esta diretamente relacionada com a exigência térmica de uma cultura/genótipo e desta forma, fornecer informações necessárias ao zoneamento agrícola do sorgo sacarino.

O conhecimento da temperatura base inferior ( $T_b$ ) dos genótipos de sorgo sacarino é de suma importância para o desenvolvimento e crescimento adequado da cultura, pois determina a soma térmica necessária para completar os eventos de desenvolvimento durante a ontogenia da cultura. Dessa forma, entender o ciclo fenológico do sorgo sacarino através de unidades térmicas, e não em dias após plantio ou em dias após emergência, podem minimizar erros de interpretação para os genótipos cultivados quanto ao tempo para a ocorrência de eventos fisiológicos na planta (BORGES, 2006). Na literatura existem trabalhos que estimaram a temperatura base para aparecimento de folhas em sorgo variando de 7 a  $14^{\circ}\text{C}$ , sendo essa variação decorrente do genótipo estudado.

Landau e Schaffert (2011) propuseram um zoneamento de áreas aptas para o plantio de sorgo sacarino no Brasil, no qual a região da Depressão Central do Rio Grande do Sul caracteriza-se pela predominância de áreas de média aptidão para o plantio de sorgo sacarino. Entretanto, os autores ressaltam que a proposta de um zoneamento é um primeiro passo que considera as informações atualmente existentes sobre a cultura. Assim, a determinação da temperatura base de genótipos atualmente disponíveis associado a disponibilidade térmicas das regiões são informações necessárias para robustecer o zoneamento agrícola proposto.

Devido a aplicabilidade dos resultados relacionados a Tb associado com crescente importância da cultura do sorgo sacarino para produção de etanol, o trabalho teve por objetivo determinar a Tb a fim de caracterizar a exigência térmica de quatro genótipos de sorgo sacarino, e assim, auxiliando no zoneamento agrícola da cultura.

## **2.4 Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul, com altitude de 95 m, e coordenadas de 29°43'S e 53°43'W. O solo do local pertence a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Argissolo bruno-acinzentado) (EMBRAPA, 2006). O clima da região é o Cfa (subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida), conforme classificação de Köppen (MORENO, 1961).

Foram usados quatro genótipos de sorgo sacarino cultivados em três épocas de semeadura, durante os anos agrícolas de 2011/2012 e 2012/2013. O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com tratamentos distribuídos em esquema fatorial, de épocas de semeaduras e genótipos, com quatro blocos. Os genótipos de sorgo sacarino utilizados foram Fepagro 19 e os BRS 506, BRS 509 e BRS 511, oriundos dos programas de melhoramento da Fepagro/RS e Embrapa Milho e Sorgo, respectivamente. As datas de semeadura foram: 04/10, 15/11 e 17/12/2011 (ano I) e 24/10, 28/11 e 14/12/2012 (ano II), correspondendo a dois anos agrícolas, exceto para BRS 509 e 511, que foram semeadas apenas no segundo ano.

A correção do pH e a adubação do solo foram realizadas a partir de análise de solo da área experimental, seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004). Em 10 de agosto de 2011 foram aplicados 5,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário (PRNT 75,4%). Com base na análise de solo, adubação de base foi de 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N) e 120 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K) no ano I e ano II, respectivamente, para ambos os anos não

foi necessário à utilização de fósforo (P) (considerado muito alto, conforme Manual de adubação e calagem para os Estados do RS e SC). A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações (perfilhamento e alongamento), totalizando 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia. O solo foi preparado pelo método convencional, sendo a semeadura feita manualmente, em linhas cinco linhas espaçadas em 0,50 e 0,70 m com 5 m de comprimento, que constituíram a unidade experimental, na população inicial de 120 000 plantas por hectare, sendo este valor corrigido de acordo com a pureza e a germinação dos genótipos, determinadas no Laboratório de Análise de Sementes do Núcleo de Sementes/UFSM.

Os dados da temperatura do ar foram obtidos junto à Estação Climatológica Principal da UFSM, pertencente ao 8º DISME/INMET/MA, localizada a 600 m da área experimental. A temperatura base inferior (Tb) para cada genótipo foi determinada no subperíodo vegetativo e estimadas pelas formulas matemáticas propostas por Yang et al. (1995), sendo estas descritas a seguir pelas seguintes equações:

a) Menor desvio-padrão em graus-dia (DPgdd):

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} - \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 \cdot T_i}{\sum_{i=1}^n d_i^2 - n \sum_{i=1}^n d_i} \quad (1)$$

b) Menor desvio-padrão em dias (DPdia):

$$Tb = T - \frac{(\sum_{i=1}^n t_i \cdot d_i)^2 - n \sum_{i=1}^n t_i^2 d_i^2}{n \sum_{i=1}^n d_i^2 t_i - n \sum_{i=1}^n t_i d_i \sum_{i=1}^n d_i} \quad (2)$$

c) Coeficiente de variação em graus-dia (CVgdd):

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot d_i^2}{\sum_{i=1}^n d_i^2} - \frac{\sum_{i=1}^n T_i d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} - \frac{\sum_{i=1}^n d_i \sum_{i=1}^n T_i^2 d_i^2}{\sum_{i=1}^n d_i \sum_{i=1}^n T_i d_i^2} \quad (3)$$

d) Coeficiente de regressão (CR)

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \sum_{i=1}^n d_i T_i - n \sum_{i=1}^n d_i T_i^2}{\sum_{i=1}^n d_i \sum_{i=1}^n T_i - n \sum_{i=1}^n d_i T_i} \quad (4)$$

Em que:

**Tb**= a temperatura base do subperíodo vegetativo (°C); **T<sub>i</sub>** e **T** são as temperaturas média da i-ésima semeadura de todas as semeaduras (°C), respectivamente; **t<sub>i</sub>** a diferença entre a temperatura média de todas as semeaduras e a temperatura média da i-ésima semeadura, no subperíodo vegetativo (°C); **d<sub>i</sub>** o número de dias requeridos para a planta atingir um determinado subperíodo do i-ésima semeadura; e **n** é o número de semeaduras.

A estimativa dos graus-dia (GD), °C dia, acumulados durante um dia, foi obtida pela seguinte fórmula:

Se: ( $T_b \leq T_{min}$ ), conforme citado por SCHNEIDER et al. (1987):

$$GD = (1/5) [T_{9h} + T_{max} + T_{min} + (2T_{21h})] - T_b \quad (5)$$

Se: ( $T_b > T_{min}$ ), conforme citado por VILLA NOVA et al. (1999):

$$GD = (T_{max} - T_b)^2 / [2 (T_{max} - T_{min})] \quad (6)$$

Em que:

**GD**= graus-dia; **T9h** e **T21h** são as temperaturas às 9h e 21h, respectivamente; **Tmax** e **Tmin** são as temperaturas máxima e mínima do ar, respectivamente; e **Tb** é a temperatura base do subperíodo vegetativo.

A soma térmica acumulada (STa), °C dia, de cada genótipo foi obtida pelo somatório dos graus-dia acumulados durante os dias necessários para completar cada subperíodo:

$$STa = \sum GD$$

A soma térmica acumulada para a determinação de  $T_b$  compreendeu a fase vegetativa desde o período da emergência (estádio 0) até a folha bandeira visível no verticilo (estádio 4), conforme a escala de Vanderlip e Reeves (1972). Também foi efetuada a duração dos subperíodos da emergência (EM) até folha bandeira visível (FB) e da emergência (EM) até a maturação (MAT), em dias e soma térmica acumulada (ST) a partir da  $T_b$  estimada.

## 2.5 Resultados e Discussão

Os valores de temperatura base inferior ( $T_b$ ) apresentaram oscilações conforme método de cálculo utilizado, para os quatro genótipos de sorgo no subperíodo vegetativo (Tabela 1). Os valores de  $T_b$  calculados pelos métodos do menor desvio padrão em dias (DPdia), coeficiente de variação em graus-dia (CVgdd) e coeficiente de regressão (CR) foram, em geral, bem próximos entre si. Entretanto, o método do menor desvio padrão em graus-dia (DPgdd) maiores valores de  $T_b$  para os genótipos BRS 506 e BRS 511, em relação ao demais métodos utilizados. O genótipo BRS 509 apresentou o menor valor médio de  $T_b$  e os genótipos BRS 506 e Fepagro 19 os maiores valores médios resultantes dos quatro métodos utilizados.

De maneira geral, os valores das estimativas da  $T_b$  pelos quatro métodos foram semelhantes entre si para cada genótipo. A menor oscilação entre os valores de  $T_b$  estimados foi observada para o genótipo Fepagro 19 que variou de 11,0 a 12,1°C (Tabela 1), sendo que a maior variação de ocorreu para o BRS 509 com valores de 8,2 a 10,1°C. A oscilação dos

valores de estimativa de  $T_b$  também foi verificada por outros autores e em diferentes culturas. Hanauer et al (2012) encontraram variações de 3,9 a 15,7°C na  $T_b$  estimada pelos mesmo métodos estudados nesta pesquisa para diferentes genótipos de feijão. Estimando a temperatura base inferior para três genótipos de milho e dois genótipos de feijão, Andrade et al.(2005) relataram que encontraram diferenças entre os métodos estudados, principalmente para o desvio-padrão em graus-dia que superestimou a  $T_b$ , quando comparado ao demais métodos utilizados (desvio-padrão em dias; coeficiente de variação em graus-dia e coeficiente de regressão), variando entre 9,8 a 15,2°C e 8,1 a 8,5°C para as culturas do milho e feijão, respectivamente.

**Tabela 1** – Estimativa da temperatura base inferior (°C) por meio dos métodos: Menor desvio-padrão em graus-dia (DPgdd); Menor desvio-padrão em dias (DPdia); Coeficiente de variação em graus-dia (CVgdd) e Coeficiente de regressão (CR), para quatro genótipos de sorgo sacarino. UFSM (2014).

Genótipos	Temperatura base inferior (°C)*				Tb média
	DPgdd	DPdia	CVgdd	CR	
Fepagro 19	11,0	11,5	12,1	12,1	11,6
BRS 506	14,8	11,2	11,4	11,9	11,8
BRS 509	9,3	10,1	8,2	8,3	8,9
BRS 511	12,9	10,4	10,2	10,7	10,8

\*Estimada pelas fórmulas de Yang et al., 1995.

Os valores de temperatura base inferior ( $T_b$ ) apresentaram oscilações conforme método de cálculo utilizado, para os quatro genótipos de sorgo no subperíodo vegetativo (Tabela 1). Os valores de  $T_b$  calculados pelos métodos do menor desvio padrão em dias (DPdia), coeficiente de variação em graus-dia (CVgdd) e coeficiente de regressão (CR) foram, em geral, bem próximos entre si. Entretanto, o método do menor desvio padrão em graus-dia (DPgdd) apresentou maiores valores de  $T_b$  para os genótipos BRS 506 e BRS 511, em relação ao demais métodos utilizados. O genótipo BRS 509 apresentou menor valor médio de  $T_b$  e os genótipos BRS 506 e Fepagro 19 mostraram maiores valores médios resultantes dos quatro métodos utilizados.

**Tabela 2** – Grau de significância ( $Pr < F$ ) da análise de variância para as variáveis ciclo da cultura (dias), soma térmica (ST) do subperíodo emergência (EM) até folha bandeira visível (FB) e da emergência (EM) até a maturação (MAT) para genótipos de sorgo sacarino, espaçamento de entrelinhas e épocas de semeaduras. UFSM (2014).

Causa de variação	Subperíodo	ST da	Subperíodo	ST da
	EM-FB (dias)	EM-FB(°dias)	EM-MAT (dias)	EM-MAT(°dias)
Genótipo	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
Épocas de semeadura	0,030	0,002	0,001	0,001
Genótipo x época	0,001	0,039	0,001	0,001

Verifica-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos e as épocas de semeaduras (Tabela 2). Essas variações na duração do ciclo de desenvolvimento dos genótipos no Rio Grande do Sul, tem se mostrado variável, principalmente devido à ação da temperatura do ar, uma vez que outros fatores ambientais exercem menor efeito sobre o potencial agrônomo da cultura (MUNDSTOCK, 1983; MULLER et al., 2009). Logo, a determinação da duração do ciclo dos genótipos do sorgo sacarino favorece o manejo cultura e a, adequação do cronograma de semeadura/colheita da propriedade, garantindo assim, rentabilidade da atividade. Silva et al.(1989) citam que apesar de outros elementos meteorológicos influenciarem o crescimento e o desenvolvimento do sorgo, a temperatura do ar é a variável mais importante estando altamente correlacionada com o desenvolvimento da cultura. E uma das melhores maneiras de relacioná-la ao desenvolvimento é por meio do uso do sistema de unidades térmicas ou graus-dia (BRUNINI et al., 1976).

Entre a emergência da cultura e o aparecimento da folha bandeira, os genótipos BRS 506 e 509 não apresentaram diferença significativa entre as épocas de semeaduras, para duração do ciclo em dias e soma térmica acumulada (Tabela 3). O genótipo Fepagro 19 apresentou o maior número em dias, nas semeaduras de outubro e novembro para completar o respectivo subperíodo, quando comparado com os demais. A semeadura de outubro também correspondeu ao mês em que genótipo Fepagro 19 necessitou de mais dias para emissão da folha bandeira e assim, um aumento na duração do ciclo vegetativo. Essa resposta pode estar atrelada, ao fato desse material possuir dupla aptidão (forrageiro/sacarino), o que beneficia a utilização dessa época de semeadura quando visa à utilização como forrageiro e, posteriormente na produção de etanol.

**Tabela 3** – Duração em dias e a soma térmica do subperíodo emergência – folha bandeira visível de quatro genótipos de sorgo sacarino em três épocas de semeaduras. UFSM (2014).

Genótipos	Épocas de Semeaduras					
	Emergência-Folha bandeira					
	Duração (dias)			Soma térmica (°C dia <sup>-1</sup> )		
	Out	Nov	Dez	Out	Nov	Dez
BRS 506	86 bA	86 bA	89 aA	963 Ca	1031 bA	974 bA
Fepagro19	99 aA	95 aB	89 aB	1085 Ba	1044 bA	954 bB
BRS 511	75 cB	81 bB	88 aA	993 cA	1062 bA	1020 bA
BRS 509	86 bA	83 bA	89 aA	1217 Aa	1251 aA	1194 aA
CV (%)	4,20			4,34		

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

Conforme a Tabela 3, o maior acúmulo da soma térmica foi obtido para o genótipo BRS 509, para todas as épocas de semeadura. Essa resposta deve estar atrelada a sua menor temperatura base inferior ( $T_b = 8,9^{\circ}\text{C}$ ) e conseqüentemente resultando no maior acúmulo térmico. No entanto, o mesmo não apresentou diferença significativa entre as épocas de semeaduras, sendo sua exigência térmica média de  $1220^{\circ}\text{C}$ , para completar o subperíodo entre a emergência e aparecimento de folha bandeira. Os genótipos BRS 506 e BRS 511 também não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as épocas de semeaduras, apresentando valores médios de 989 e  $1025^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

Em relação ao número de dias que compreendeu o subperíodo da emergência até a maturação fisiológica (estádio 9), os genótipos não diferiram entre si quando semeados no mês de outubro, apresentando valor médio de 124 dias (Tabela 4). Na semeadura do mês de novembro, o genótipo Fepagro requereu de 139 dias para completar o respectivo subperíodo, enquanto que o genótipo BRS 511 necessitou apenas 121 dias, sendo que estes diferiram significativamente entre si ( $P < 0,05$ ). O genótipo BRS 506 apresentou um atraso no número de dias necessários para completar o subperíodo da emergência até a maturação fisiológica com o atraso da época de semeadura, logo, na semeadura realizada em dezembro o mesmo requereu um maior número de dias (142 dias) diferindo significativamente dos demais

genótipos, que apresentaram valor médio de 137 dias para completar mesmo subperíodo (Tabela 4).

Em todas as épocas de semeaduras avaliadas o genótipo BRS 509 apresentou o maior acúmulo da soma térmica, diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) dos demais genótipos (Tabela 4). Os genótipos BRS 506 e Fepagro 19 apresentaram menor acúmulo térmico do subperíodo da emergência a maturação fisiológica, com valores médios de 1513, 1439 e  $1358^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ , nas semeaduras de outubro, novembro e dezembro, respectivamente.

**Tabela 4** – Duração em dias e a soma térmica do subperíodo emergência – maturação fisiológica, de quatro genótipos de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeaduras. UFSM (2014).

Emergência-Maturação						
	Duração (dias)			Soma térmica ( $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ )		
	Out	Nov	Dez	Out	Nov	Dez
BRS 506	125 aC	129 bB	142 aA	1505 cA	1412 dB	1356 cC
Fepagro19	126 aB	139 aA	137 bA	1521cA	1466 cA	1360 cB
BRS 511	122 aB	121 cB	137 bA	1599 bA	1509 bB	1470 bB
BRS 509	124 aC	129 bB	137 bA	1806 aA	1731 aB	1723 aB
CV(%)	1,64			1,79		

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

O atraso na época de semeadura de outubro para dezembro resultou no menor acúmulo da soma térmica ( $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ ) e maior duração de ciclo para todos os genótipos (Tabela 4). Com a semeadura efetuada no mês de dezembro, o ciclo da cultura avançou até abril/maio, meses em que ocorreu diminuição da temperatura média do ar, determinando menor acúmulo de soma térmica, com o conseqüente aumento do ciclo. A menor exigência térmica exigida pela semeadura realizada no mês de dezembro está relacionada com as temperaturas mínimas do ar ocorridas a partir de fevereiro, sendo que nos meses de abril e maio, período em que os genótipos estavam na fase de grão em massa mole (estádio 7) à grão em massa dura (estádio 8), essas temperaturas foram similares a temperatura base inferior dos genótipos avaliados, o

que diminuiu o desenvolvimento, resultando no menor acúmulo térmico, bem como em um maior número de dias para completar o subperíodo da emergência a maturação fisiológica. Ressalta-se também que a temperatura do ar abaixo de 16°C no subperíodo entre o florescimento estimulam perfilhamento basal e o desenvolvimento da panícula podendo resultar em danos irreversíveis as sementes de sorgo sacarino, pela esterilidade das sementes interferindo no número de grãos por panícula, afetando o rendimento final de grãos (MAGALHÃES et al, 2000).

Os genótipos Fepagro 19, BRS 506, BRS 511 e BRS 509 apresentam um número médio, em dias para se tornarem aptos à extração de caldo de 130, 125, 110 e 110 dias, respectivamente. Os valores de duração de ciclo obtidos pelo presente estudo foram pouco superiores á aqueles citados na literatura para os locais das instituições produtoras das sementes. Essas variações podem estar atreladas as diferenças da temperatura do ar, entre as lavouras de produção de sementes e o local da realização do experimento. Esse fato justifica a importância da realização de experimentos que objetivam determinar a duração do ciclo fenológico dos genótipos, pois existem diferenças entre os genótipos no ciclo, quando os mesmos são submetidos a diferentes épocas e locais de semeadura.

Acrescenta-se a relevância da determinação da temperatura base inferior ( $T_b$ ) de cada genótipo, pois é uma variável que indica o limiar de temperatura do ar começa ocorrer o desenvolvimento da cultura, afetando diretamente na soma térmica e assim, no ciclo da cultura. Essas as informações específicas norteiam o zoneamento agrícola da cultura do sorgo sacarino para o Estado do Rio Grande do Sul. O conhecimento das exigências térmicas dos genótipos e da disponibilidade térmica dos diferentes locais, ajudam a desenvolver recomendações mais eficientes na determinação de épocas de semeadura e no manejo da cultura, favorecendo a inserção do sorgo sacarino no Rio Grande do Sul.

## **2.6 Conclusão**

Os valores de temperatura base inferior variam entre os genótipos de sorgo sacarino, sendo de 11,6°C para o Fepagro 19; 11,8°C para o BRS 506; 8,9°C para o BRS 509 e 10,8°C para o BRS 511. O atraso na época de semeadura de outubro para dezembro determina aumento do número de dias para o fechamento do ciclo dos quatro genótipos. O genótipo BRS 509 apresenta maiores valores de soma térmica tanto na fase vegetativa quanto na duração do ciclo.

## 2.7 Literatura Citada

ANDRADE, R. G. et al. Avaliação de métodos para estimativa da temperatura-base inferior para as culturas de milho (*Zea mays L.*) e feijão (*Phaseolus vulgaris L.*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.2, p. 403-412, 2005.

BANDEIRA, A. H., et al. Efeito da época de semeadura e espaçamento no desempenho produtivo de sorgo sacarino, cultivado na Região Central do Rio Grande do Sul. IN: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2012, Águas de Lindóia. **Anais: Diversidade e Inovações na Era dos Transgênicos**, Águas de Lindóia, SP, 2012.

BORGES, I.D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. 2006. 168 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.19, p.213-219, 1976.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, EMBRAPA – SPI, EMBRAPA – CNPS. 2006, 412p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2012) **Processamento industrial do sorgo sacarino**, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2p.

HANAUER, J.G. et al. Estimativa da temperatura base da fase emergência-floração em cultivares de feijão. IN: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2010, Belém. **Anais: A Amazônia e o clima global**, Belém,PA, 2010.

LANDAU, E. C.; SCHAFFERT, R. E. Zoneamento de áreas aptas para o plantio de sorgo sacarino na época de entressafra de cana-de-açúcar no Brasil. **Agroenergia em Revista**, v. 3, p. 20, 2011.

LOZADA, B.I.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia para estimativa da duração do subperíodo da semeadura à floração de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v.7, n. 1, p.31-36, 1999.

MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas (MG): Embrapa, 2000b, 46 p. (CircularTécnica, 3).

McMASTER, G.S.; WILHELM, W.W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.87, p.291-300, 1997.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

MULLER, L. et al. Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genótipos diplóides e tetraplóides de azevém. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1343-1348, 2009.

MUNDSTOCK, C.M. **Cultivo dos cereais de estação fria**. Porto Alegre (RS): NBS, 1983. 265p.

PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.C. de. **Cultura do sorgo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 76

RIBAS, P.M. Sistema de produção 2: Cultivo do sorgo. Versão eletrônica, 4<sup>a</sup> edição, 2008. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/plantio-plantio.html](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/plantio-plantio.html)  
Acesso em: 10 de dezembro de 2013.

SANS, L. M. A.; GUISTEM, J. M. Estimativa do período do florescimento e maturidade fisiológica da cultura do sorgo por meio de graus-dia calculado com diferentes valores de temperatura base. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. **Anais...Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo**. Florianópolis: Epagri, 2002.

SCHNEIDER, F.M. et al. Temperatura base e soma térmica do subperíodo semeadura emergência das cultivares de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.17, n.4, p.229-308, 1987.

SILVA, J. A. **Influência da umidade do solo nas exigências térmicas de três cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. Viçosa:UFV, 1989. 79 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 1989.

VANDERLIP, R.L.; REEVES, H.E. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Agronomy Journal**, v.64, p.13-16, 1972.

VILLA NOVA, N.A. et al. Modelo para a previsão da produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.75-79, 1999.

**YANG, S. et al. Mathematical formulae for calculationg the base temperature for growing degree days. Agricultural and forest Meteorology, v.74, p. 61-74, 1995.**

## CAPÍTULO II

### MORFOLOGIA FOLIAR DE SORGO SACARINO CULTIVADO EM DISTINTOS ESPAÇAMENTOS ENTRELINHAS E ÉPOCAS DE SEMEADURA

### MORPHOLOGY LEAF SWEET SORGHUM GROWN IN DIFFERENT ROW SPACINGS AND SOWING DATES

#### 3.1 Resumo

O trabalho teve por objetivo avaliar as variáveis morfogênicas do colmo principal, de genótipos de sorgo sacarino em distintos espaçamento entrelinhas e épocas de semeadura. O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com tratamentos distribuídos em esquema trifatorial (2x2x3), com dois genótipos de sorgo sacarino (BRS 506 e Fepagro 19), dois espaçamentos de entrelinhas (0,50 e 0,70 m) e três épocas de semeadura (outubro, novembro e dezembro), com quatro blocos, em dois anos de cultivo. As variáveis analisadas foram: taxa de alongamento das folhas, número final de folhas no colmo, taxa de surgimento de folha, filocrono e taxa de alongamento de colmo. As variáveis não apresentaram interação tripla significativa entre genótipo, espaçamento de entrelinhas e época de semeadura. O genótipo BRS 506 apresentou número de folhas acumuladas, taxa de alongamento de folhas nas épocas de semeaduras constante. O atraso na época de semeadura resulta em menor número de folhas acumuladas e taxa de alongação do colmo para o genótipo Fepagro 19. O filocrono para o espaçamento entrelinhas 0,70 é inferior ao de 0,50 m.

**Palavras chaves:** alongamento foliar, filocrono, graus-dia, índice Haun, *Sorghum bicolor*.

#### 3.2 Abstract:

The study aimed to evaluate the morphogenetic variables of the main culm of sweet sorghum genotypes in different row spacing and sowing dates. The experimental design was randomized blocks with treatments arranged in a factorial scheme (2x2x3) with two

genotypes of sorghum (BRS 506 and Fepagro 19), two spacings between the lines (0.50 and 0.70 m) and three times sowing (October , November and December) , with four blocks , two years of cultivation. The variables analyzed were: leaf elongation rate, final number of leaves on the stem, leaf appearance rate, phyllochron and rate of stem elongation. Variables showed no significant three-way interaction between genotype, spacing between lines and sowing. The BRS 506 genotype showed leaf number, leaf elongation rate in times of constant sowing. The delay in sowing results in lower leaf number and rate of stem elongation for genotype Fepagro 19. Phyllochron to row spacing of 0.70 is lower than 0.50 m

**Key words:** leaf elongation, phyllochron, degree-days. Haun stage, *Sorghum bicolor*.

### 3.3 Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma cultura que possui importância nas pequenas propriedades rurais, por ser uma cultura de fácil manejo cultural e fonte de alimentação animal de baixo custo. Atualmente vem se destacando como uma cultura promissora para a produção de etanol, fornecendo matéria-prima na entressafra da cana-de-açúcar. No estado do Rio Grande do Sul, a pesquisa com o sorgo sacarino é escassa principalmente no que tange a informações a respeito do crescimento e desenvolvimento de genótipos, com base nas variáveis morfogênicas, sendo que essas são consideradas ferramentas adicionais na escolha do manejo mais adequado da cultura, além de ser utilizada como critério de seleção em programas de melhoramento genético (QUADROS, et al., 2005; MÜLLER, 2009).

Segundo autores como Chapman;Lemaire (1993), Townsend (2008) e Müller (2009) a morfogênese conceitua-se como a dinâmica de geração e expansão da forma da planta no espaço, estando esta dinâmica relacionada às constantes oscilações do ambiente. Por tanto, deve ser analisada cuidadosamente a fim de entender as formas pelas quais as plantas respondem a variações ambientais, pois inclui a taxa de surgimento de novos órgãos, suas taxas de expansão, de senescência e decomposição.

A temperatura do ar interfere nos processos fisiológicos da cultura do sorgo, o que acaba interferindo em cada subperíodo do seu desenvolvimento. Além disto, as plantas possuem uma temperatura mínima da qual abaixo desta ocorre cessamento das atividades fisiológicas (BARBANO et al. 2001). Entre as interferências causadas pela temperatura do ar inclui-se a taxa de emissão de folhas (KARLSSON et al., 1988, LIETH, CARPENTER,

1990). A medida ou estimativa da emissão de folhas é importante, pois integrando-se a taxa de emissão de folhas tem-se o número de folhas acumulado na haste, que é uma ferramenta que estima a idade fisiológica da planta. Inclusive o número de folhas está associado à área foliar da planta, responsável pela interceptação da radiação solar pelo dossel para utilização na fotossíntese.

Para estimar a emissão de folhas em uma cultura, utiliza-se a técnica dos perfis marcados, e posteriormente utiliza-se o conceito do filocrono. Segundo Klepper et al. (1982) e McMaster e Wilhelm (1995) o filocrono pode ser definido como o intervalo de tempo entre a emissão de duas folhas sucessivas sobre o primórdio vegetativo no intervalo entre estágios similares de desenvolvimento de folhas. Frequentemente utiliza-se para representar o tempo fisiológico em plantas o conceito da soma térmica ou dos graus-dia, onde são acumulados os valores de temperatura média diária do ar acima de uma temperatura base inferior, considerada a temperatura abaixo da qual não ocorre desenvolvimento ou este é tão lento que pode ser considerado desprezível de ( $^{\circ}\text{C}$  dia), ou seja, o filocrono é o acúmulo térmico necessário para o aparecimento de uma folha (McMASTER & WILHELM, 1997).

Poucos são os trabalhos na cultura do sorgo sacarino que mostram a importância das variáveis morfogênicas como ferramenta auxiliar na tomada de decisão no planejamento do sistema de produção da propriedade, principalmente, nas condições edafoclimáticas da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Logo, estudos que considerem a morfogênese associada à experimentos com diferentes épocas de semeadura e espaçamento entrelinhas são importantes em estudos de crescimento e desenvolvimento das plantas.

A época de semeadura correta é importante na busca de altas produtividades, pois a semeadura em uma época inapropriada confere a cultura à ocorrência de adversidades meteorológicas durante fases importantes de crescimento e desenvolvimento, podendo levar ao risco de insucesso na exploração da cultura. De maneira geral, o espaçamento utilizado para a semeadura de sorgo é de 0,70 m entrelinhas. No entanto, autores como Chielle et al. (2001), Alvarez et al. (2002) e Coelho et al. (2002) relatam que o reduzido espaçamento entrelinhas favorece o crescimento e o desenvolvimento da cultura, devido o aumento na eficiência da utilização de luz, água, nutrientes e controle de plantas daninhas.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar as variáveis morfogênicas no colmo principal, de dois genótipos de sorgo sacarino (BRS 506 e Fepagro 19) sob dois espaçamentos de entrelinhas cultivados em diferentes épocas de semeadura.

### 3.4 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, situada na Depressão Central do Rio Grand do Sul, com altitude de 95 m e coordenadas de 29°43'S e 53°43'W. O solo do local pertence a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Argissolo bruno-acinzentadoo) (EMBRAPA, 2006). O clima da região é o Cfa (subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida), conforme classificação de Köppen (MORENO, 1961).

O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com tratamentos distribuídos em esquema fatorial (2x2x3), empregando dois espaçamentos entrelinhas, dois genótipos e três épocas de semeaduras, com quatro blocos. Os genótipos de sorgo sacarino utilizados foram Fepagro 19 e o BRS 506, sendo ambas as variedades oriundas dos programas de melhoramento da Fepagro/RS e Embrapa Milho e Sorgo. As datas de semeadura foram: 04/10, 15/11 e 17/12/2011 (ano I) e 24/10, 28/10 e 14/12/2012 (ano II), correspondendo a dois anos agrícolas.

A correção do pH e a adubação do solo foram realizadas a partir de análise de solo da área experimental, seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004). Em 10 de agosto de 2011 foram aplicados 5,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário (PRNT 75,4%). Com base na análise de solo, adubação de base indicada foi de 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N) e 120 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K) no ano I e ano II, respectivamente, para ambos os anos não foi necessário à utilização de fósforo (P) (considerado muito alto, conforme Manual de adubação e calagem para os Estados do RS e SC). A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações (perfilhamento e alongamento), totalizando 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia. O solo foi preparado pelo método convencional, sendo a semeadura feita manualmente, em linhas, sendo que a unidade experimental foi composta de cinco linhas espaçadas em 0,50 e 0,70 m com 5 m de comprimento, na população inicial de 120 000 plantas por hectare, sendo este valor corrigido de acordo com a pureza e a germinação dos genótipos, determinadas no Laboratório de Análise de Sementes do Núcleo de Sementes/UFSM.

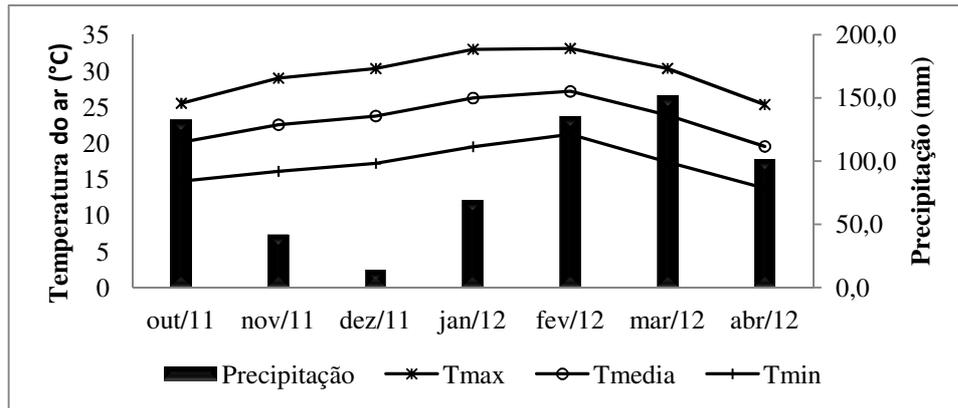
Após a emergência foram escolhidas aleatoriamente três plantas por parcela, que foram identificadas com arames coloridos. Com o auxílio de uma régua milimetrada foram efetuadas medições do comprimento das folhas: comprimento da última folha em expansão, (quando a lígula ainda não estava exposta) e comprimento da folha completamente expandida (após o aparecimento da lígula) do colmo principal, semanalmente, desde a emergência até o aparecimento da folha bandeira e foi contado o número final de folhas por colmo.

Posteriormente, calcularam-se as seguintes variáveis: número final de folhas: somatório de folhas do colmo, da emergência até a emissão da folha bandeira; Taxa de surgimento de folhas: obtida pela divisão do número de folhas completamente expandidas (lígula exposta) surgidas por perfilho pela soma térmica do período, expressa em folhas °C dia<sup>-1</sup>; Filocrono: intervalo de tempo térmico entre o aparecimento de duas folhas sucessivas, calculado por intermédio da regressão entre o índice de Haun (HAUN, 1973) e o acúmulo de graus-dia, expresso em °C dia folha<sup>-1</sup>.

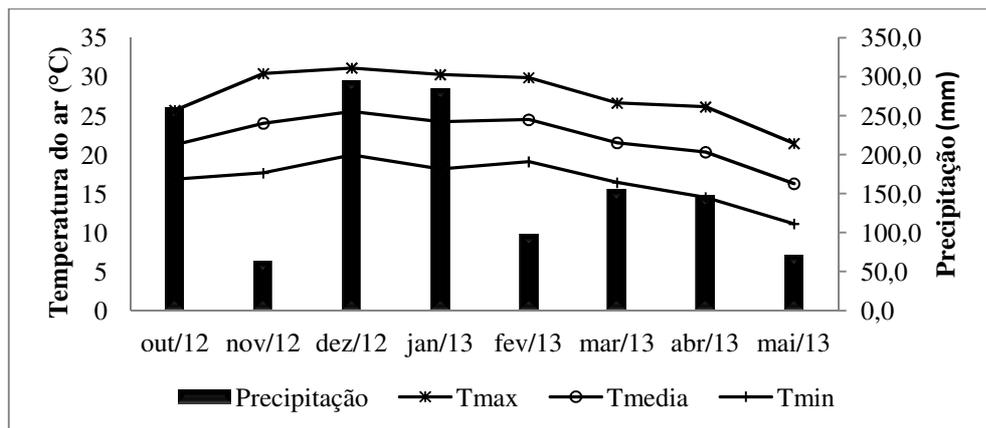
Os dados da temperatura do ar foram obtidos junto à Estação Climatológica Principal da UFSM, pertencente ao 8° DISME/INMET/MA, localizada a 600 m da área experimental.

A estimativa dos graus-dia (GD), °C dia, acumulados durante um dia, foi obtida pela seguinte fórmula. Se:  $T_b \leq T_{min}$ , conforme SCHNEIDER et al. (1987):  $GD = (1/5) [T_{9h} + T_{max} + T_{min} + (2T_{21h})] - T_b$ ; Se:  $T_b > T_{min}$ , conforme VILLA NOVA et al. (1999):  $GD = (T_{max} - T_b)^2 / [2 (T_{max} - T_{min})]$ . Em que: GD= graus-dia; T<sub>9h</sub> e T<sub>21h</sub> são as temperaturas às 9h e 21h, respectivamente; T<sub>max</sub> e T<sub>min</sub> são as temperaturas máxima e mínima do ar, respectivamente; e T<sub>b</sub> é a temperatura base do subperíodo vegetativo, definida como a temperatura mínima abaixo da qual não há emissão de folhas. A soma térmica acumulada (STa), °C dia, de cada genótipo foi obtida pelo somatório dos graus-dia acumulados durante os dias necessários para completar o subperíodo vegetativo:  $STa = \sum GD$ . As temperaturas bases inferiores adotadas foram de 11,6°C para o genótipo de sorgo sacarino Fepagro 19 e de 11,8°C para o genótipo BRS 506.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de probabilidade de erro.



**Figura 1.** Valores mensais de precipitação e da temperatura mínima do ar (Tmin), temperatura média do ar (Tmédia), temperatura máxima do ar (Tmax) do período experimental de outubro de 2011 a abril de 2012. UFSM (2014).



**Figura 2.** Valores mensais de precipitação e da temperatura mínima do ar (Tmin), temperatura média do ar (Tmédia), temperatura máxima do ar (Tmax) do período experimental de outubro de 2012 a maio de 2013. UFSM (2014).

### 3.5 Resultados e Discussão

A análise de variância para a taxa de surgimento de folhas (TSF), taxa de alongamento de folhas (TAF), taxa de alongamento de colmo (TEC), número de folhas acumuladas (NFA) e o filocrono (FILO) não apresentaram interação tripla significativa entre genótipos, espaçamento entrelinhas e época de semeadura. Porém, houve significância para as interações entre espaçamento entrelinhas e épocas de semeaduras; e entre genótipos e época de semeadura (Tabela 1). Essa resposta evidencia a importância de pesquisas que avaliem o

crescimento e desenvolvimento de folhas e colmo no sorgo sacarino em diferentes épocas de semeaduras.

**Tabela 1** – Grau de significância ( $Pr < F$ ) da análise de variância para as variáveis taxa de surgimento de folhas (TSF), taxa de alongamento de folhas (TAF), taxa de alongamento de colmo (TEC), número de folhas acumuladas (NFA) e filocrono (FILO) para genótipos de sorgo sacarino, espaçamento de entrelinhas e épocas de semeaduras. UFSM (2014).

Causa de variação	TSF (cm)	TAF (cm)	TEC (mm)	NFA (%)	FILO t ha <sup>-1</sup>
Genótipo	>0,050	>0,050	>0,050	0,137	>0,050
Espaçamento entrelinhas	0,095	0,010	0,099	>0,050	0,020
Épocas de semeadura	<0,001	>0,050	<0,001	<0,001	<0,001
Genótipo x espaçamento	>0,050	0,073	>0,050	>0,005	0,138
Genótipo x épocas	<0,001	0,012	0,353	0,011	>0,050
Espaçamento x épocas	0,025	0,145	0,003	0,142	<0,001
Genótipo x Esp. x Épocas	>0,050	>0,050	>0,050	0,373	>0,050

As interações duplas entre os fatores genótipos e épocas de semeaduras foram significativas ( $P < 0,05$ ) para as variáveis: taxa de alongamento de folhas (TAF), taxa de surgimento de folhas (TSF) e número de folhas acumuladas (NFA) (Tabela 1).

A taxa de alongamento foliar não apresentou diferença significativa entre as épocas de semeaduras para os dois genótipos estudados (Tabela 2), ou seja, essa variável não sofreu interferência da época de semeadura. A semeadura realizada em no mês de dezembro o genótipo BRS 506, foi superior em 12,25 mm °C dia<sup>-1</sup>, em relação ao genótipo Fepagro 19 (Tabela 2). A taxa de alongamento foliar (TAF) é uma variável que quando apresenta diferenças entre os genótipos, pode acarretar em práticas de manejos diferenciadas entre os materiais, principalmente quando o foco do manejo for à produção de forragem e/ou duplo propósito (forragem/etanol) de melhor qualidade. Segundo Horst et al. (1978), a fração de folha influencia positivamente a eficiência de pastejo e o valor nutricional da forragem produzida, além de ser considerada dentre as variáveis morfogênicas, a que mais se correlaciona com a massa seca de forragem.

A taxa de surgimento de folhas para o genótipo BRS 506 na semeadura de dezembro foi maior, diferindo significativamente das demais épocas de semeaduras (Tabela 2). Já para o genótipo Fepagro 19 a semeadura do mês de novembro apresentou a menor taxa de surgimento de folhas (Tabela 2). Na semeadura do mês de novembro os genótipos não apresentaram diferença entre si quanto a TSF, já para a semeadura de outubro o genótipo Fepagro 19 apresentou maior TSF em comparação ao BRS 506 (Tabela 2). A taxa de surgimento foliar, segundo Lemaire e Chapman (1996), pode ser considerada a característica principal da morfogênese devido à sua influência sobre os três componentes principais da estrutura do dossel: comprimento final da folha, densidade populacional de perfilhos e números de folhas determinando o índice de área foliar da planta. A TSF é afetada de forma diferenciada pelo corte ou pastejo (NABINGER; PONTES, 2001), de forma marcante pela temperatura (PARSONS; ROBSON, 1980) e pelo suprimento de nitrogênio (GASTAL et al., 1992; GASTAL; NELSON, 1994). Diversos autores relatam que a taxa de surgimento de folhas possui correlação negativa com o alongamento de folhas (TAF) de forma que quanto maior a TSF, menor o alongamento das folhas, no entanto, essa resposta não foi evidenciada no presente estudo (HORST et al., 1978, SBRISSIA e DA SILVA, 2001; SBRISSIA, 2004).

A Tabela 2 mostra diferença significativa entre os genótipos apenas na semeadura no mês de outubro, sendo que o genótipo Fepagro 19 foi superior em duas folhas em relação ao BRS 506. O genótipo Fepagro 19 sofreu interferência no número de folhas acumuladas no colmo com avanço da época de semeadura (Tabela 2). Já para o genótipo BRS 506 a semeadura do mês de novembro apresentou o menor número de folhas acumuladas. Streck et al. (2006) relatam que para alguns genótipos, há efeito da época de semeadura, sendo que semeaduras feitas no cedo apresentam maior número final de folhas e semeaduras tardias um menor número de folhas acumuladas no colmo.

Não houve interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre genótipos e épocas de semeaduras para o filocrono e taxa de alongamento de colmo (Tabela 1). Os genótipos não apresentaram diferença significativa entre si para taxa de alongamento do colmo e filocrono (Tabela 2). Lemaire e Agnusdei (2000) relatam que dentro de uma mesma espécie o filocrono é uma variável relativamente constante principalmente quando expresso em tempo térmico, o que promove uma base de escala para o estudo da morfogênese. Santos et al. (2004) e Müller (2009) avaliando diferentes genótipos de azevém não encontraram diferenças para o filocrono entre os materiais avaliados, e Streck et al. (2006) avaliando arroz, encontraram resultado semelhante ao desse estudo, relatam também que as diferenças genotípicas são mínimas e podem ser desconsiderada, enquanto o ambiente, principalmente pela época de semeadura,

tem grande influência no filocrono. A semeadura no mês de outubro proporcionou uma maior taxa de alongamento de colmo, diferindo significativamente das demais épocas de semeaduras (Tabela 2). Isso pode ter sido causado pela temperatura do ar no período (Figura 1 e Figura 2), favorecendo em um maior número de folhas e uma maior taxa de surgimento de folhas. A maior taxa de alongamento de colmo pode resultar em plantas de colmos mais altos, por tanto, mais produtivos. Visando a produção de etanol, colmos mais altos tendem a garantirem maior produtividade, se essa produtividade for acompanhada de alto teor de brix e fibra em torno de 13%, a semeadura do mês de outubro tende ser a mais indicada para atender a produção de etanol.

**Tabela 2** – Taxa de alongamento de folhas (TAF); taxa de surgimento de folhas (TSF), número de folhas acumuladas (NFA), filocrono (FIL) e taxa de alongamento de colmo (TEC) de genótipos de sorgo sacarino submetido a diferentes épocas de semeaduras. UFSM (2014).

Tratamentos	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
	Taxa de alongamento de folhas mm (°C dia) <sup>-1</sup>			
<b>Brs 506</b>	72,79 Aa	83,12 Aa	83,62 Aa	--
<b>Fepagro 19</b>	82,54 Aa	77,96 Aa	71,37 Ba	--
CV(%)	23,17			
Taxa de surgimento de folhas folhas (°C dia) <sup>-1</sup>				
<b>Brs 506</b>	0,0214 Bb*	0,0190 Ac	0,0250 Aa	--
<b>Fepagro 19</b>	0,0230 Aa*	0,0195 Ab	0,0227 Ba	--
CV(%)	10,77			
Número folhas acumulados				
<b>Brs 506</b>	22,00 Ba*	20,00 Ab	22,00 Aa	
<b>Fepagro 19</b>	24,00 Aa	21,00 Ab	21,00 Ab	
CV(%)	7,59			
Filocrono °C dia folha <sup>-1</sup>				
<b>Brs 506</b>	50,93**	59,26	46,69	52,29 A*
<b>Fepagro 19</b>	50,34	57,37	47,83	51,84 A
<b>Média</b>	50,63 b*	58,31 a	47,26 c	
CV(%)	12,52			
Taxa de alongamento do colmo cm (°C dia) <sup>-1</sup>				
<b>Brs 506</b>	29,08**	25,33	22,91	25,77 A*
<b>Fepagro 19</b>	26,37	24,62	23,54	24,84 A
<b>Média</b>	27,73 a*	24,98 b	23,23b	
CV(%)	22,43			

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. \*\*Não foi aplicado teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Houve significância na interação dupla entre espaçamento entrelinhas e épocas de sementeiras para a taxa de alongamento do colmo (TEC), filocrono (FIL) e taxa de surgimento de folhas (TSF) (Tabela 1). O espaçamento entrelinhas diferiu entre si apenas na sementeira realizada no mês de novembro, sendo que o espaçamento de entrelinhas de 0,50 m apresentou o maior filocrono ( $P < 0,05$ ) em relação ao espaçamento de 0,70 m nas entrelinhas, além disto, a sementeira realizada em novembro proporcionou o maior filocrono (Tabela 3).

A taxa de surgimento de folhas apresentou diferença significativa entre os espaçamentos entrelinhas ( $P < 0,05$ ) apenas na sementeira do mês de novembro (Tabela 3). Para ambos os espaçamentos entrelinha a maior taxa de surgimento de folhas foi na sementeira do mês de dezembro (Tabela 3). Essa resposta pode ser atribuída às temperaturas do ar na qual as plantas da sementeira em dezembro estavam submetidas no auge do seu subperíodo vegetativo, já que a partir do mês de fevereiro houve um decréscimo das temperaturas do ar (temperatura base inferior do sorgo sacarino muito próximo da temperatura média do ar), com isso menor acúmulo térmico diário, conseqüentemente, maior o período para o surgimento de folhas no colmo (Figura 1 e Figura 2).

A taxa de alongamento do colmo no mês de outubro proporcionou no espaçamento 0,5 m de entrelinhas a maior taxa de alongação diferindo significativamente das demais épocas. Em contra partida, o mesmo não foi verificada para o espaçamento de entrelinhas de 0,70 m, que não sofreu interferência das épocas de sementeiras na sua taxa de alongação do colmo, tendo valores médios de  $0,26 \text{ cm } (^{\circ}\text{C dia}^{-1})$  (Tabela 3). A sementeira realizada no mês de dezembro apresentou diferença significativa entre os espaçamentos de entrelinhas testados, sendo que a taxa de alongação do colmo foi menor no espaçamento 0,50 em comparação ao de 0,70 m (Tabela 3). A taxa de alongação do colmo tende a influenciar a taxa de alongamento foliar e a taxa de surgimento de folha, de acordo com Leonel e al.(2009), próximo ao subperíodo reprodutivo a planta implicam em maior alocação de fotoassimilados e seus derivados para a produção de colmos em detrimento desses compostos para a produção de folhas.

A interação entre espaçamento entrelinhas e épocas de sementeiras não foi significativa para número de folhas acumulados e taxa de alongamento de folhas (Tabela 1). O espaçamento entrelinhas não diferiu entre si para o número de folhas acumuladas, sendo valor médio de 21 folhas (Tabela 3). A sementeira no mês de outubro promoveu um maior acúmulo de folhas no colmo. O número de folhas acumuladas no colmo, bem como o alongamento da lâmina foliar são características importantes na determinação da área foliar a ser atingida pela planta, pois, sabe-se que o crescimento e a produtividade das plantas são

promovidos pela fotossíntese, em geral, a área foliar é proporcional à fotossíntese realizada pela planta. Conforme Kerbauy (2008) a produtividade das plantas depende da interceptação da luz e, conseqüentemente, da área foliar. O espaçamento entrelinhas bem como as épocas de semeaduras não diferiu entre si ( $P>0,05$ ) para a taxa de alongamento foliar (Tabela 3). As épocas de semeaduras e os espaçamentos entrelinhas avaliados não interferiram no alongamento foliar, por tanto, essa variável pode estar atrelada há características genotípicas e não as temperaturas do ar ao longo do ciclo (emergência até folha bandeira), nem do manejo cultural.

**Tabela 3** – Taxa de alongamento de colmo (TEC); filocrono (FIL); taxa de surgimento de folhas (TSF); número de folhas acumuladas (NFA) e taxa de alongamento de folhas (TAF) de sorgo sacarino submetido a diferentes espaçamentos de entrelinhas e épocas de semeaduras. UFSM (2014).

Tratamentos	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
	Taxa de alongamento do colmo cm (°C dia) <sup>-1</sup>			
Espaçamento 0,5	29,00 Aa*	24,12 Ab	20,46 Bb	--
Espaçamento 0,7	26,46Aa	25,83 Aa	26,00 Aa	--
CV(%)		22,43		
Filocrono °C dia folha <sup>-1</sup>				
Espaçamento 0,5	50,23 Ab*	63,04 Aa	46,76 Ab	--
Espaçamento 0,7	51,03 Aab	53,59 Ba	47,75 Ab	--
CV(%)		12,52		
Taxa de surgimento de folhas folhas (°C dia) <sup>-1</sup>				
Espaçamento 0,5	0,0221 Ab*	0,0182 Bc	0,0240 Aa	
Espaçamento 0,7	0,0223 Aa	0,0203 Ab	0,0237 Aa	
CV(%)		10,77		
Número de folhas acumuladas				
Espaçamento 0,5	21,87**	20,12	21,37	21,12 A*
Espaçamento 0,7	23,50	19,87	20,87	21,41 A
Média	22,68 a*	20,00 b	21,12 b	
CV(%)		7,59		
Taxa de alongamento de folhas mm (°C dia) <sup>-1</sup>				
Espaçamento 0,5	74,16**	84,37	77,16	78,56 A*
Espaçamento 0,7	81,16	76,70	77,83	78,56 A
Média	77,66 a*	80,54 a	77,50 a	
CV(%)		23,17		

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. \*\*Não foi aplicado teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Não houve interação dupla significativa entre os fatores espaçamento entrelinhas e genótipos de sorgo sacarino para todas as variáveis estudadas (Tabela 1). Sendo que os genótipos BRS 506 e Fepagro 19 não apresentaram diferença significativa entre si ( $P>0,05$ ) para taxa de alongamento foliar, taxa de surgimento de folhas, número de folhas acumuladas, filocrono e taxa de alongamento de colmo (Tabela 4). Sendo os valores médios obtidos para essas variáveis de  $78,56 \text{ mm } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ ;  $0,22175 \text{ folhas } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ ; 21 folhas;  $52,07 \text{ } ^\circ\text{C dia folha}^{-1}$  e  $25,30 \text{ cm } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ , respectivamente. Essa mesma resposta foi verificada quando se comparou entre si o espaçamento entrelinhas, sendo que os mesmos não diferiram significativamente entre si ( $P>0,05$ ), exceto para a variável filocrono (Tabela 4).

**Tabela 4** – Taxa alongamento de folhas (TAF); taxa de surgimento de folhas (TSF); número de folhas acumuladas (NFA); filocrono (FIL) e taxa de alongamento do colmo (TEC) de genótipos de sorgo sacarino submetido a diferentes espaçamentos entrelinhas. UFSM (2014).

Tratamentos	Espaçamento 0,5	Espaçamento 0,70	Média
	Taxa de alongamento de folhas $\text{mm } (^\circ\text{C dia})^{-1}$		
<b>BRS 506</b>	77,11**	82,58	79,84 A*
<b>Fepagro 19</b>	80,02	74,55	77,29 A
<b>Média</b>	78,56 a*	78,56 a	
<b>CV (%)</b>		23,17	
Taxa de surgimento de folhas $\text{folhas } (^\circ\text{C dia})^{-1}$			
<b>BRS 506</b>	0,0213**	0,0223	0,0218 A*
<b>Fepagro 19</b>	0,0216	0,0219	0,0217 A
<b>Média</b>	0,0214 a*	0,0220 a	
<b>CV (%)</b>		10,77	
Número de folhas acumuladas			
<b>BRS 506</b>	21,00**	21,00	21,00 A*
<b>Fepagro 19</b>	21,00	22,00	21,50 A
<b>Média</b>	21,00 a*	21,50 a	
<b>CV (%)</b>		7,59	
Filocrono $^\circ\text{C dia folha}^{-1}$			
<b>BRS 506</b>	54,38**	50,20	52,29 A*
<b>Fepagro 19</b>	52,32	51,38	51,85 A
<b>Média</b>	53,35 a*	50,79 b	
<b>CV (%)</b>		12,52	
Taxa de alongamento do colmo $\text{cm } (^\circ\text{C dia})^{-1}$			
<b>BRS 506</b>	25,25**	26,30	25,77 A*
<b>Fepagro 19</b>	23,80	25,88	24,84 A
<b>Média</b>	24,52 a*	26,09 a	
<b>CV (%)</b>		22,43	

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. \*\*Não foi aplicado teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

O espaçamento entrelinhas de 0,50 m apresentou maior filocrono, diferindo significativamente do espaçamento de 0,70 m (Tabela 4). A informação do filocrono é um importante parâmetro para avaliar o desenvolvimento das plantas, principalmente em relação a época de semeadura, pois ao avaliarmos as diferentes épocas de cultivo, a planta está sujeita a influência de diversos fatores como temperatura, fotoperíodo, quantidade de CO<sub>2</sub>, tamanho da semente e profundidade de semeadura (KRENZER et al., 1991; GRIEVE et al., 1994; KIM et al., 2007). Quanto maior o filocrono, menor é a velocidade de emissão de folhas, ou seja, mais demorada é a formação de uma folha, além disto, esta variável está associada diretamente à taxa de surgimento de folhas no colmo. Silva et al (2012) avaliando a soma térmica e o filocrono de progenitores de sorgo híbrido, encontraram valores de filocrono de 283 °C dia<sup>-1</sup> para o ano de 2011 e 203 °C dia<sup>-1</sup> para o ano de 2012, no entanto eles foram avaliados em períodos de cerca de 12 dias em uma única época de semeadura para cada ano, diferente deste estudo que avaliou semanalmente em várias épocas de semeadura, fatos que podem explicar as diferenças. Outro fato relevante, que deve ser considerado, é a temperatura base inferior (T<sub>b</sub>) adotada pelos autores (T<sub>b</sub> = 7°C) é diferente ao deste estudo (BRS 506= 11,8°C e Fepagro 19= 11,6°C) podendo, por tanto interferir nos resultados das variáveis morfogênicas com unidades em graus-dia.

### 3.6 Conclusão

O genótipo BRS 506 apresentou número de folhas acumuladas, taxa de alongamento de folhas nas épocas de semeaduras constante. O atraso na semeadura resulta em menor número de folhas acumuladas e taxa de alongação do colmo para o genótipo Fepagro 19. Os genótipos e o espaçamento de entrelinhas não diferem entre si para todas as variáveis analisadas, exceto para o filocrono do espaçamento de entrelinhas 0,70 é inferior ao outro espaçamento. Em geral, a semeadura no mês de outubro apresentou os melhores resultados dentre as variáveis estudadas, bem como nas interações duplas entre os fatores.

### 3.7 Literatura Citada

ALVAREZ, C. G. D.; et al.. Avaliação de características bromatológicas da forragem de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamento entrelinhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n.3, p. 409-414, 2002.

BARBANO, M.T., et al.. Temperatura-base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p. 261-268, 2001.

CHAPMAN, D.F., LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, Austrália. **Proceedings...**, 1993, p.95-104.

CHIELLE, Z. G.; et al. Ensaio Sul-rio-grandense de sorgo para corte ou pastejo 2000/2001, resultados da rede estadual. In: REUNIAO TECNICA ANUAL DO MILHO, 46.; REUNIAO TECNICA ANUAL DO SORGO, 29., 2001, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2001. CD-ROM.

COELHO, A. M. et al. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 100, p. 1-24, 2002. (Arquivo do agrônomo, 14).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, EMBRAPA – SPI, EMBRAPA – CNPS. 2006, 412p.

GASTAL, F.; et al. A model of the extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, Oxford, v. 70, p. 437-442, 1992.

GASTAL, F.; NELSON, C. J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 105, p. 191-197, 1994.

GRIEVE, C. M.; et al. Salinity effects on spring wheat phasic development. **Crop Science**, v. 34, n.6, p. 1544-1549, 1994.

HAUN, J.R. Visual quantification of wheat development. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, p.116-119, 1973.

HORST, G. L.; NELSON, C. J.; ASAY, K. H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, Madison, v. 18, p. 715-719, 1978.

KARLSSON, M.G.; et al. Quantifying temperature-controlled leaf unfolding rates in "Nellie White" Easter lily. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v.113, n.1, p.70-74, 1988.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431 p.

KIM, S.-H.; et al. Temperature dependence of growth, development, and photosynthesis in maize under elevated CO<sub>2</sub>. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, n. 3, p. 224-236, 2007.

KLEPPER, B. et al. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, v.74, n.5, p.789-792, 1982.

KRENZER JR., et al. Winter wheat mainstem leaf appearance and tiller formation vs. moisture treatment. **Agronomy Journal**, v. 83, n. 4, p. 663-667, 1991.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIER, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. et al. (Eds.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. Cab International, p. 265-288, 2000.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36.

LEONEL, F. P.; et al. Comportamento produtivo e características nutricionais do capim . braquiária cultivado em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 177-189, 2009

LIETH, J.H.; CARPENTER, P. Modeling stem elongation and leaf unfolding of Easter lily during greenhouse forcing. **Scientia Horticulturae**, v.44, p.149-162, 1990

McMASTER, G.S.; WILHELM, W.W. Accuracy of equation predicting the phyllochron of wheat. **Crop Science**, v.35, n.1, p.30-36, 1995.

McMASTER, G.S.; WILHELM, W.W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.87, p.291-300, 1997.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

MULLER, L. M.. **Produtividade, morfogênese e estimativa da temperatura base para genótipos diploides e tetraploides de azevém.** 2009. 77 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,RS.

NABINGER, C.; PONTES, L.S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 755-771.

QUADROS, F.L.F. et al. Morfogênese de *Lolium multiflorum* Lam. e *Paspalum urvillei* Steud sob níveis de adubação de fósforo e potássio. **Ciência Rural**, 2005, vol.35, n. 1.

PARSONS, A. J.; ROBSON, M. J. Seasonal changes in the physiology of S24 perennial ryegrass. 2. Potential leaf extension to temperature during the transition from vegetative to reproductive growth. **Annals of Botany**, v. 46, p. 435-444, 1980.

SANTOS, R.J. et al. Caracterização morfológica de acessos de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul - Zona Campos, 20, 2004, Salto.. **Anais**. Montevideo: Fac. de Agronomia, 2004. p. 8-9.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001, p. 731-754.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu sob lotação contínua.** 2004. 171f . Tese (Doutorado em Ciência animal e pastagem). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SCHNEIDER, F.M. et al. Temperatura base e soma térmica do subperíodo semeadura emergência das cultivares de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.17, n.4, p.229-308, 1987.

SILVA, D. G. et al. Determinação da soma térmica e filocrono de progenitores de sorgo híbrido. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa: Sete Lagoas, n. 55, 2012, 30p.

SILVA, W.; et al. Características morfológicas e estruturais de híbridos de sorgo submetidos a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v.7, n.4, p.691-696, 2012.

STRECK, N. A. et al. Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1086-1093, 2006.

TOWNSEND, C.R. **Características produtivas de gramíneas nativas do gênero Paspalum, em resposta à disponibilidade de nitrogênio**. 2008. 267 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VILLA NOVA, N.A. et al. Modelo para a previsão da produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p.75-79, 1999.

## CAPÍTULO III

### ÉPOCA DE SEMEADURA E ESPAÇAMENTO ENTRELINHAS SOBRE OS CARACTERES AGRONÔMICOS DE SORGO SACARINO.

### PLANTING DATE AND SPACING OF LINES ABOUT THE CHARACTERS OF AGRONOMIC SWEET SORGHUM.

#### 4.1. Resumo

O trabalho tem objetivo avaliar a produtividade e aspectos fitotécnicos de genótipos de sorgo sacarino submetidos a diferentes espaçamentos de entrelinhas e épocas de semeaduras, no município de Santa Maria, RS. O delineamento experimental adotado foi o blocos ao acaso, com quatro blocos, com tratamentos distribuídos em esquema trifatorial (2x3x4) dois espaçamentos de entrelinhas (0,50 e 0,70 m), três épocas de semeaduras (outubro, novembro e dezembro) e quatro genótipos de sorgo sacarino (BRS 506, Fepagro 19, BRS 511 e BRS 509). As variáveis analisadas foram estatura de plantas; produtividade, comprimento e diâmetro de colmo; °brix do caldo; produtividades de parte aérea, folhas e panículas. Não houve interação tripla significativa ( $P>0,05$ ) entre os fatores espaçamento de entrelinhas, épocas de semeaduras e genótipos de sorgo sacarino para todas as variáveis analisadas. Para diâmetro de colmo e população final de plantas não houve interação dupla significativa entre os fatores estudados. A redução do espaçamento de entrelinhas não possibilitou um incremento significativo na produtividade e nas características morfológicas do sorgo sacarino. O genótipo Fepagro 19 foi inferior quando comparado aos demais genótipos estudados, exceto para produtividade de panícula. De maneira geral, os melhores desempenhos produtivos foram obtidos no espaçamento de entrelinhas de 0,70 m, semeado no mês de outubro, com destaque para o genótipo BRS 511.

**Palavras-chave:** biomassa, grãos, produtividade, qualidade, *Sorghum bicolor*.

## 4.2 Abstract

The study aimed to evaluate the productivity and phytotechnical aspects of sweet sorghum genotypes under different spacings between rows and sowing dates, in Santa Maria, RS. The experimental design was randomized blocks with four blocks with treatments arranged in a factorial scheme (2x3x4) two spacings between the lines (0.50 and 0.70 m), three sowing dates (October, November and December) and four genotypes of sorghum (BRS 506, Fepagro 19, BRS 511 and BRS 509). The variables studied were plant height; productivity, length and stem diameter; ° brix of the juice; yield of shoots, leaves and panicles. There was no significant three-way interaction ( $P > 0.05$ ) among the factors spacing between rows, sowing dates and genotypes of sorghum for all variables. To stem diameter and plant population there was no significant two-way interaction between the factors studied. Reducing the spacing between lines did not allow a significant increase in productivity and morphological characteristics of sweet sorghum. The Fepagro 19 genotype was lower compared to the other genotypes, except for yield panicle. Overall, the improved production performances were achieved in spacing between rows of 0.70 m, sown in October, highlighting the genotype BRS 511.

**Key words:** biomass, grain, productivity, quality, *Sorghum bicolor*.

## 4.3 Introdução

O Rio Grande do Sul produz apenas 2% do seu consumo de etanol hidratado combustível (EHC) (ÚNICA,2012). Isso demonstra a necessidade de se inserir culturas que promovam um aumento na produção de etanol, diminuindo a dependência de outros estados para suprir a demanda local. Atualmente, a produção de etanol está a cargo de apenas uma usina a Coopercana (Porto Xavier, RS), com capacidade para produzir entre 6 e 8 milhões de litros por ano, ou seja, menos de 1% do que o Estado consome (ÚNICA,2012).

Para ser autossuficiente na produção de etanol o RS necessitaria da implantação de mais usinas e aumentar a produção de cana-de-açúcar, em torno de 300 mil hectares. De acordo com o zoneamento agroclimático o Rio Grande do Sul apresenta 1,5 milhão de hectares aptos para o plantio de cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2009). No entanto, a produção de etanol no Estado a partir de uma única cultura (cana-de-açúcar) não é o suficiente para

suprir a demanda de matéria-prima no ano inteiro, pois os meses de novembro a março são caracterizados como período de entressafra da cana-de-açúcar.

Essa entressafra gera prejuízos no setor usineiro pela ociosidade do parque industrial, além do aumento nos custos aos usuários de etanol. A fim de suprir a falta de matéria-prima oriunda da cana-de-açúcar, o sorgo sacarino surge como uma cultura promissora que vem se destacando por ser uma opção viável na obtenção de etanol na entressafra da cana-de-açúcar. O sorgo sacarino caracteriza-se por ser suculento; apresentar altas concentrações de açúcar nos colmos diretamente fermentáveis (assim como a cana-de-açúcar); larga adaptabilidade; tolerância à seca; ciclo curto (110 a 120 dias); facilidade de mecanização e produtividade de biomassa entre 40 e 70 t ha<sup>-1</sup>, com um °brix variando de 16 até 23% (CHIELLE, 1984; BYE et al., 1993; ALMODARES; HADI, 2009).

As características do sorgo sacarino se enquadram perfeitamente no sistema de produção do setor sucroalcooleiro, proporcionando um período anual completo de produção de matéria-prima, a diminuição da ociosidade de funcionários e maquinários, a redução dos custos de produção, bem como, garantia de preços acessíveis de etanol para os consumidores o ano inteiro. Seu sistema de produção vislumbra atender a agricultura familiar e cooperativa de produtores baseados em micro e mini destilarias de etanol, produção de aguardentes, rapaduras e demais subprodutos (RIBEIRO FILHO et al. 2008).

Por ser considerada uma cultura mais rústica, é possível viabilizar a sua produção em áreas de solos hidromórficos e em regiões fora do zoneamento agrícola da cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2010). No entanto, a expansão do cultivo de sorgo sacarino apresenta alguns desafios na consolidação do plantio em larga escala, principalmente no que tange a colheita e a produção de sementes, já que as plantas apresentam porte elevado (3 a 5 m de altura) o que dificulta a colheita mecanizada, podendo resultar em uma dependência tecnológica na obtenção das sementes. Há poucos relatos na literatura atual, referente aos tratos culturais (épocas de semeaduras, espaçamento de entrelinhas, genótipos, entre outros) para o cultivo de sorgo sacarino na região da Depressão Central do RS.

A época de semeadura, o espaçamento entrelinhas e o genótipo escolhido interferem na produtividade da cultura e na qualidade de etanol produzido. A época de semeadura inadequada afeta o ciclo da cultura, pois seu atraso pode acarretar em antecipação dos estádios fisiológicos da cultura depreciando o produto com a diminuição da produção (MACHADO et al., 1987).

De maneira geral, o espaçamento utilizado para a semeadura de sorgo é de 0,70 m entrelinhas. No entanto, autores como Chielle et al. (2001), Alvarez et al. (2002) e Coelho et

al. (2002) relatam que há tendência de aumento de produtividade em condições de espaçamento de entrelinhas reduzido, devido a um maior aumento na eficiência da utilização de luz, água, nutrientes e controle de plantas daninhas. Rezende et al. (2003) relatam que a definição do melhor arranjo de plantas na área também deve ser determinada através da escolha do genótipo, devido as características morfológicas da cultura e que a escolha adequada do espaçamento de entrelinhas estabelece-se em função de diversas situações de manejo da cultura.

Conforme Magalhães et al. (2000) e Zago (1997) o sorgo adapta-se a uma ampla variação de ambientes, produzindo sob condições desfavoráveis à demais culturas energéticas. Essas características permitem uma ampliação da época de plantio, que se estende desde o mês de setembro até março para as condições do Centro-Sul brasileiro, despertando o interesse pela semeadura em sucessão às culturas precoces de verão; em reformas de canaviais e em áreas de forragem.

Cultivos de sorgo sacarino realizados na década de 80 para a região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, com a finalidade de avaliar o potencial produtivo, relatam de produtividade média de biomassa verde e colmo despalhado de 46,0 e 34,7 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com média de °brix em torno de 13,90% (MARCHEZAN; SILVA, 1984). Teixeira et al. (1997) avaliando produção de sorgo sacarino em São Paulo, SP, encontraram produtividade média de sorgo sacarino de 45,0 t ha<sup>-1</sup> de colmos e 3 t ha<sup>-1</sup> de grãos. Esses resultados indicam que a Depressão Central do RS, pode ser uma região potencial para introdução do sorgo sacarino como cultura promissora, pois os resultados obtidos foram similares ao encontrado no Sudeste. Com base no exposto, torna-se necessário gerar informações sobre a introdução de novos genótipos, épocas de semeadura e espaçamento de entrelinhas para as condições edafoclimáticas de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Logo, o objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade e aspectos fitotécnicos de genótipos de sorgo sacarino submetido a diferentes espaçamentos entrelinhas e épocas de semeadura, no município de Santa Maria, RS, Brasil.

#### **4.4 Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul, com altitude de 95 m, com coordenadas de 29°43'S e 53°43'W. O solo do local pertence a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Argissolo bruno-acinzentado) (EMBRAPA, 2006). O clima da

região é o Cfa (subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida), conforme classificação de Köppen (MORENO, 1961).

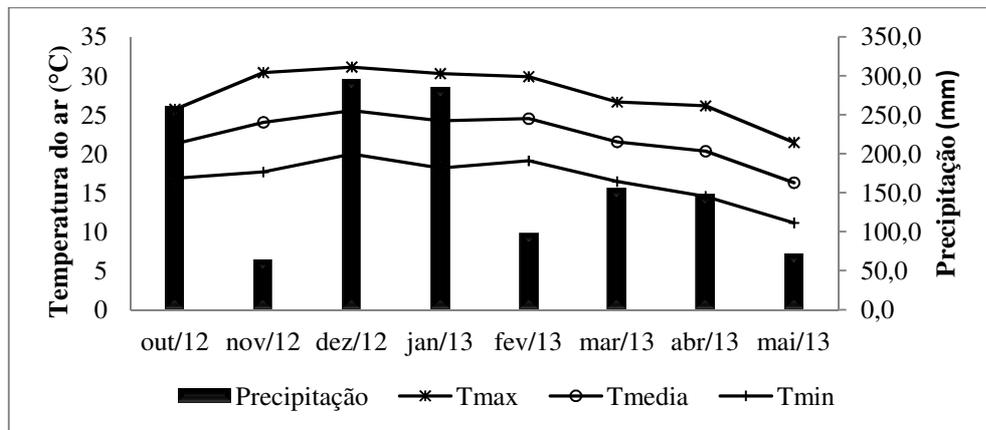
O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com tratamentos distribuídos em esquema fatorial (2x3x4), com dois espaçamentos de entrelinhas (0,50 e 0,70 m), três épocas de semeaduras (outubro, novembro e dezembro) e quatro genótipos de sorgo sacarino, com quatro blocos. Os genótipos de sorgo sacarino utilizados foram o Fepagro 19 e os BRS 506, BRS 509 e BRS 511, as quais são variedades oriundas dos programas de melhoramento da Fepagro/RS e Embrapa Milho e Sorgo, respectivamente. As datas de semeadura foram: 24/10, 28/11 e 14/12/2012.

A correção do pH e a adubação do solo foram realizadas a partir de análise de solo da área experimental, seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004). Em 10 de agosto de 2011 foram aplicados 5,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário (PRNT 75,4%). Com base na análise de solo, adubação de base indicada foi de 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N) e 175 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K), não foi necessário à utilização de fósforo (P), pois seu teor foi classificado como muito alto, conforme Manual de adubação e calagem para os Estados do RS e SC. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações (perfilhamento e alongamento), totalizando 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia. O solo foi preparado pelo método convencional, sendo a semeadura feita manualmente, em cinco linhas espaçadas em 0,50 e 0,70 m com 5 m de comprimento, que constituíram a unidade experimental, na população inicial de 120 000 plantas por hectare, sendo que as sementes utilizadas no experimento tiveram a pureza e germinação, determinadas no Laboratório de Análise de Sementes do Núcleo de Sementes/UFSM.

As variáveis analisadas foram estatura de plantas e comprimento de colmo (em cm, realizada pela medição de dez plantas escolhidas aleatoriamente por parcela, no momento da colheita); diâmetro de colmo (em mm, realizada pela mediação de dez plantas escolhidas aleatoriamente com auxílio de um paquímetro); °brix do caldo (determinado em % por refratometria, no caldo extraído em moinho elétrico no momento da colheita); a produtividade de parte aérea (em t ha<sup>-1</sup>, obtida pelo somatório de colmo, palha e panícula, através do corte da linha central de cada parcela); produtividade de folha (obtida através da fitomassa de folhas em t ha<sup>-1</sup>); produtividade de colmo (obtida através do colmo despalhado, em t ha<sup>-1</sup>); produtividade de panícula (em t ha<sup>-1</sup>, obtida após a separação das folhas e colmos).

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, através do programa estatísticos Assistat, sendo as médias das variáveis comparadas entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Os dados da temperatura do ar foram obtidos junto à

Estação Climatológica Principal da UFSM, pertencente ao 8° DISME/INMET/MA, localizada a 600 m da área experimental.



**Figura 1.** Valores mensais de precipitação e da temperatura mínima do ar (Tmin), temperatura média do ar (Tmédia), temperatura máxima do ar (Tmax) do período experimental de outubro de 2012 a maio de 2013. UFSM (2014).

#### 4.5 Resultados e Discussão

**Tabela 1** – Grau de significância (Pr<F) da análise de variância para as variáveis estatura de plantas (EST), comprimento de colmo (CCMO), diâmetro de colmo (DIAM), °brix (SST), produtividade de parte aérea (PPAR), produtividade de folhas (PFS), produtividade de colmo (PCMO) e produtividade de panícula (PPAN) para genótipos de sorgo sacarino, espaçamento de entrelinhas e épocas de semeaduras. UFSM (2014).

Causa de variação	EST (cm)	CCMO (cm)	DIAM (mm)	SST (%)	PPAR t ha <sup>-1</sup>	PFS t ha <sup>-1</sup>	PCMO t ha <sup>-1</sup>	PPAN t ha <sup>-1</sup>
Genótipo	0,003	0,003	0,001	<0,001	>0,050	0,236	0,067	<0,001
Espaçamento entrelinhas	0,057	>0,050	0,669	<0,001	0,007	0,057	0,012	0,030
Épocas de semeadura	0,001	0,002	0,093	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	>0,050
Genótipo x espaçamento	0,059	>0,050	0,213	0,052	>0,050	0,064	>0,050	0,076
Genótipo x épocas	0,075	0,103	0,197	0,011	0,059	<0,001	0,087	0,029
Espaçamento x épocas	0,032	0,003	>0,050	0,008	0,003	>0,050	0,001	0,187
Genótipo x Esp. x Épocas	0,087	0,417	>0,050	0,873	0,347	>0,050	0,364	0,326

A análise de variância para estatura de plantas (EST), comprimento de colmo (CCMO), diâmetro de colmo (DIAM), °brix do caldo (SST), produtividade de parte aérea (PPAR), produtividade de folhas (PFS), colmo (PCMO) e panículas (PPAN) não

apresentaram interação tripla significativa ( $P>0,05$ ) entre os fatores espaçamento de entrelinhas, épocas de semeaduras e genótipos (Tabela 1).

As interações duplas entre os fatores espaçamento entrelinhas e épocas de semeaduras foram significativas ( $P<0,05$ ) para as variáveis: estatura de plantas, comprimento de colmo, °brix do caldo, produtividade de parte aérea e produtividade de colmo (Tabela 1).

A estatura de plantas e comprimento de colmo para os genótipos de sorgo sacarino apresentaram diferença significativa ( $P<0,05$ ) entre os espaçamentos entrelinhas apenas na semeadura do mês de novembro, sendo que o espaçamento 0,70 m apresentou os maiores valores de estatura de plantas e comprimento de colmo (Tabela 2). O valor médio das variáveis EST e CCMO foram inferiores no espaçamento de entrelinhas de 0,50 m na semeadura realizada no mês de novembro, diferindo significativamente dos meses de outubro e dezembro, sendo que estes não diferiram entre si (Tabela 2) No espaçamento entrelinhas de 0,70 m não houve diferenças significativas entre os meses de semeaduras para as duas variáveis (EST e CCMO). Emygdio (2011) avaliando o desempenho de sorgo sacarino em dois ambientes contrastantes não encontrou diferença significativa entre os espaçamentos de 0,50 e 0,70 m de entrelinhas para estatura de plantas, obtendo estaturas médias de 251 e 316 cm, respectivamente para os dois ambientes estudados (solos hidromórficos e não hidromórficos).

O °brix do caldo é uma variável importante na determinação da qualidade do caldo extraído, representando em porcentagem a massa de sólidos solúveis contidos em uma solução. Somente houve diferença significativa entre os espaçamentos entrelinhas para o mês de dezembro, sendo que o espaçamento de 0,50 m foi inferior (Tabela 2). Ao analisar o espaçamento entrelinhas de 0,70 m, o mesmo não apresentou diferença significativa ( $P>0,05$ ) nos valores de °brix entre as épocas de semeaduras (outubro, novembro e dezembro), sendo o teor médio de brix no caldo de 16,05%. Em contrapartida, para o espaçamento de 0,50 m as épocas de semeaduras diferiram entre si, sendo que o mês de outubro foi superior e dezembro foi inferior para o °brix do caldo. Shaffert et al. (1986) relatam que teor de °brix de 14,25 a 14,5% são considerados valores mínimos exigidos para obtenção de etanol de qualidade, bem como para a definição do período de utilização industrial (PUI). Portanto, a semeadura no mês de dezembro no espaçamento entrelinhas de 0,50 m apresentou teores de °brix de caldo inferiores aos exigidos para a produção de etanol, essa resposta está atrelada a presença de doenças fúngicas ocorridas no final do ciclo. Segundo Costa et al. (2002) e Casa e Reis (2003) doenças de final ciclo aumentam com a redução do espaçamento entrelinhas, pela ocorrência de maior umidade no interior do dossel, e conseqüentemente, a presença de doença resulta na

perda de açúcar no colmo do sorgo sacarino (MAY, 2012). Fernandes (2013) ao avaliar a influência do espaçamento em diferentes épocas de semeadura na região de Minas Gerais, encontrou um menor teor de °brix no caldo no espaçamento entrelinhas de 0,50 m, sendo que esse teor diminui conforme o atraso na época de semeadura.

As produtividades de parte aérea e de colmo apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os espaçamentos de entrelinhas apenas para a semeadura realizada no mês de novembro, sendo que as menores produtividades foram obtidas no espaçamento de 0,50 m de entrelinhas, para as duas produtividades avaliadas (Tabela 2). Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as épocas de semeaduras quando foi utilizado o espaçamento de entrelinhas de 0,70 m, para ambas as variáveis analisadas (Tabela 2). As menores produtividades obtidas no espaçamento de entrelinhas de 0,50 m no mês de novembro podem estar relacionadas com as variáveis de estatura de plantas e comprimento de colmo, já que estas variáveis estão diretamente relacionadas às produtividades de parte aérea e de colmo. May et al (2012) analisando variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamento e população de plantas, não encontraram diferença significativa na produção de parte aérea nos espaçamento de 0,70 m de entrelinhas, o mesmo resultado foi encontrado por Albuquerque et al. (2010) que também não encontraram diferenças significativas entre espaçamento de entrelinhas. Em contrapartida May et al (2012) encontraram maiores produtividades de colmo no espaçamento de entrelinhas reduzidos, diferindo da resposta encontrada neste presente estudo, onde não foi verificado aumento na produção de colmos com a diminuição do espaçamento, isso pode estar relacionado que no momento da colheita das plantas de ambos os espaçamentos estavam no mesmo estágio fenológico (grão farináceo) e a população de plantas era similar. Heiffig (2002) não encontrou um aumento na produtividade quando se reduz o espaçamento de entrelinhas e mantém a mesma população de plantas.

As interações duplas entre os fatores espaçamento de entrelinhas e épocas de semeadura não foram significativas ( $P > 0,05$ ) para as variáveis: diâmetro de colmo, produtividade de folhas e produtividade de panícula (Tabela 1). O diâmetro de colmo não apresentou diferenças significativas entre os espaçamentos entrelinhas e épocas de semeadura (Tabela 2). Sendo que a média do diâmetro de colmo foi de 17,70 mm. Fernandes (2013) avaliando diferentes espaçamentos entrelinhas não encontrou diferença significativa entre os espaçamentos para variável diâmetro de colmo. Já Barros et al.(2013) ao avaliar o diâmetro de colmo entre as semeaduras de outubro e novembro , também não encontraram diferenças para o diâmetro de colmo, sendo a média de 16,53 mm, valor inferior ao encontrado neste estudo.

**Tabela 2** – Brix do caldo (SST); estatura de plantas (EST.); comprimento de colmo (CCMO); produtividades de parte aérea (PPAR) e colmo (PCMO); diâmetro de colmo (DIAM); produtividade de folhas (PFS) e panícula (PPAN) de sorgo sacarino submetido a diferentes espaçamentos de entrelinhas e épocas de semeaduras. UFSM (2014).

Tratamentos	Espaçamento		Média	CV(%)
	0,5	0,70		
<b>° Brix (%)</b>				
Outubro	16,37 Aa*	16,37 Aa	--	4,75
Novembro	15,25 Ba	16,12 Aa	--	
Dezembro	13,65 Cb	15,68 Aa	--	
<b>Estatura de plantas (cm)</b>				
Outubro	317,81 Aa*	304,37 Aa	--	11,35
Novembro	286,00 Bb	301,25 Aa	--	
Dezembro	312,25 Aa	309,75 Aa	--	
<b>Comprimento de colmo (cm)</b>				
Outubro	286,68 Aa*	272,50 Aa	--	7,47
Novembro	251,68 Bb	272,81 Aa	--	
Dezembro	276,81 Aa	274,87 Aa	--	
<b>Produtividade de parte aérea (t ha<sup>-1</sup>)</b>				
Outubro	58,50 Aa*	55,12 Aa	--	20,05
Novembro	41,50 Bb	55,00 Aa	--	
Dezembro	41,50 Ba	47,68 Aa	--	
<b>Produtividade de colmo (t ha<sup>-1</sup>)</b>				
Outubro	49,75 Aa*	45,56 Aa	--	19,00
Novembro	33,18 Bb	45,31 Aa	--	
Dezembro	35,06 Ba	40,75 Aa	--	
<b>Diâmetro de colmo (mm)</b>				
Outubro	17,50**	17,37	17,43 A*	17,87
Novembro	17,87	18,81	18,34 A	
Dezembro	17,25	17,44	17,34 A	
Média	17,54 a*	17,87 a	--	
<b>Produtividade de folhas (t ha<sup>-1</sup>)</b>				
Outubro	3,69**	4,06	3,87 A	42,24
Novembro	2,88	2,94	2,91 B	
Dezembro	2,44	2,19	2,31 B	
Média	3,00 a*	3,06 a	--	
<b>Produtividade de panícula (t ha<sup>-1</sup>)</b>				
Outubro	2,94**	3,69	3,31 A	43,85
Novembro	2,81	4,06	3,44 A	
Dezembro	3,06	3,00	3,03 A	
Média	2,93 b*	3,58 a	--	

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. \*\*Não foi aplicado teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Não houve diferença significativa entre os espaçamentos entrelinhas para a produtividade de folhas, sendo o valor médio da produtividade de 3,03 t ha<sup>-1</sup>. Já para as épocas de semeaduras a

produtividade de folhas foi maior no mês de outubro, em torno de  $1 \text{ t ha}^{-1}$ , em relação as semeaduras nos meses seguintes (Tabela 2).

A produtividade de panícula não apresentou diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre as épocas de semeaduras estudadas (Tabela 2), sendo que a média da variável foi de  $3,25 \text{ t ha}^{-1}$ . Porém, para os espaçamentos entrelinhas estudados houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ), sendo que o espaçamento de  $0,70 \text{ m}$  foi superior, em torno de  $0,5 \text{ t ha}^{-1}$ , ao espaçamento de  $0,50$ . Altas produtividades para panículas em sorgo sacarino devem ser observadas em levadas em consideração no momento da escolha da época de semeadura e do espaçamento entrelinhas, já que altas produções no ápice da planta fazem com que sejam mais suscetíveis ao acamamento, principalmente se altas produtividades de panículas estejam atreladas a altas estaturas de colmo.

As interações duplas entre os fatores genótipos e época de semeadura foram significativas para as variáveis °brix do caldo, produtividade de folhas e produtividade de panícula (Tabela 1). O °brix do caldo apresentou o menor teor de brix para o genótipo Fepagro 19 nas três épocas de semeadura analisadas, diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) do genótipo BRS 511 nos meses de outubro e dezembro, No mês de novembro diferiu significativamente de todos os genótipos analisados (BRS 506, BRS 511 e BRS 509) (Tabela 3). A semeadura no mês de novembro apresentou os maiores teores de °brix no caldo para os genótipos BRS 509, e BRS 506, respectivamente. O genótipo Fepagro 19, não apresentou diferença significativa entre as épocas de semeaduras estudadas, ou seja, não sofreu interferências diretas das épocas de semeadura e mostrou os menores teores de °brix no caldo nas épocas, principalmente quando comparado com o BRS 511. Em relação aos menores teores de °brix no caldo foram obtidos na semeadura de dezembro para todos os genótipos, exceto para o Fepagro 19. Essa resposta pode estar associada às condições meteorológicas do período experimental desde a primeira época de semeadura, onde não foi verificado atraso no desenvolvimento da planta, melhor distribuição de chuva durante o ciclo produtivo, resultando em menor susceptibilidade de incidência de pragas e doenças foliares, refletindo em plantas bem desenvolvidas (Figura 1) (MOURÃO et al., 2012; SILVA et al., 2012).

A produtividade de folhas para o genótipo BRS 511 não apresentou diferença significativa na produção entre as épocas de semeaduras estudadas. Em contrapartida, o genótipo apresentou as maiores produtividades nas semeaduras de novembro e dezembro, diferindo significativamente dos genótipos BRS 506 e Fepagro 19, e BRS 509, nas respectivas épocas de semeaduras (Tabela 3). Na semeadura do mês de outubro, o BRS 511 apresentou a menor produtividade, diferindo significativamente do BRS 506. Mesmo assim, o

genótipo BRS 511 demonstrou-se, de maneira geral, mais produtivo e adaptado as condições edafoclimáticas do município de Santa Maria, na produção de biomassa verde. Portanto, indicando uma excelente característica na utilização de sorgo sacarino na produção de energia de segunda geração. De maneira geral, os meses de outubro e dezembro apresentaram as maiores e menores produtividades de folha para os genótipos estudados, respectivamente, principalmente para o BRS 506, Fepagro 19 e BRS 509.

**Tabela 3** – Valores médios para o Brix do caldo (SST); produtividade de folhas (PFS) e panícula (PPAN) de genótipo de sorgo sacarino submetido a diferentes épocas de semeaduras. UFSM (2014).

Tratamentos	Outubro	Novembro	Dezembro
	° Brix (%)		
<b>Brs 506</b>	15,75 Bab*	16,87 Aa	14,50 Bb
<b>Fepagro 19</b>	14,25 Ca	13,50 Ba	13,75 Ba
<b>Brs 511</b>	18,50 Aa	17,00 Aab	16,00Ab
<b>Brs 509</b>	17,00 Aba	15,37 Ab	14,37 Bb
<b>CV(%)</b>	8,35		
<b>Produtividade de folhas (t ha<sup>-1</sup>)</b>			
<b>Brs 506</b>	4,87 Aa*	2,12 Bb	1,62 Bb
<b>Fepagro 19</b>	4,00 Ba	2,37 Bb	2,37 ABb
<b>Brs 511</b>	2,62 Ca	4,12 Aa	3,75 Aa
<b>Brs 509</b>	4,00 Ba	3,00 ABab	1,50 Bb
<b>CV(%)</b>	36,24		
<b>Produtividade de panícula (t ha<sup>-1</sup>)</b>			
<b>Brs 506</b>	2,75 Ba*	2,62 Ba	2,25 Ba
<b>Fepagro 19</b>	6,62 Aa	4,62 Ab	5,37 Aab
<b>Brs 511</b>	1,75 Ba	3,37 Aba	2,37 Ba
<b>Brs 509</b>	2,12 Ba	3,12 Aba	2,12 Ba
<b>CV(%)</b>	43,85		

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

As épocas de semeaduras estudadas no presente trabalho não diferem significativamente entre si para os genótipos BRS 506, BRS 511 e BRS 509, para a produtividade de panícula (Tabela 3). No Fepagro 19 a semeadura no mês de outubro apresenta quando comparada ao mês de novembro as maiores produtividades de panícula. O Fepagro 19 é caracterizado como um genótipo muito produtivo em grãos devido à aptidão de ser um material sacarino/forrageiro. Sendo que esse genótipo apresentou as maiores

produtividades de panículas quando comparados aos demais genótipos estudados (BRS 506, BRS 511 e BRS 509), nos meses de outubro e dezembro, sendo que no mês de novembro foi superior significativamente apenas quando comparado ao BRS 506 (Tabela 3). A produtividade de panícula esta diretamente ligada ao teor de °brix no caldo, logo, as maiores produtividades de panícula apresentada pelo genótipo Fepagro 19, resultaram em menores teores de °brix no caldo, pois, em vez de acumular sólidos solúveis totais no colmo, o genótipo exportou essa reserva para a formação de grãos, resultando em menores teores de açúcares.

As interações duplas entre os fatores genótipos e épocas de semeadura não foram significativas ( $P>0,05$ ) para as variáveis: estatura de plantas; comprimento de colmo; diâmetro de colmo, produtividade de parte aérea e produtividade de colmo (Tabela 1).

Não houve diferença significativa entre os genótipos para as variáveis de produtividade de parte aérea e colmo, sendo que os valores médios obtidos foram de 49,88 t ha<sup>-1</sup> e 41,60 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 4). O genótipo Fepagro 19 apresentou a maior estatura de plantas e comprimento de colmo, porém, menor diâmetro de colmo foi observado para esse mesmo genótipo (Tabela 4). Ainda em relação ao diâmetro de colmo, os genótipos BRS 506, BRS 509 e BRS 511 apresentaram os maiores valores, sendo que os mesmos apresentaram o menor comprimento de colmo (Tabela 4). A estatura, comprimento de colmo e diâmetro de colmo são consideradas variáveis componentes do rendimento, interferindo, direta ou indiretamente na produtividade, foi verificado que houve diferença entre os genótipos estudados para essas variáveis, no entanto, essas variáveis não interferiram na produtividade de colmo ( $P>0,05$ ), isso ocorreu pela plasticidade da planta de sorgo, na qual, houve uma compensação desses fatores resultando similaridade ao compararmos as produtividades, genótipos que apresentaram maior diâmetro de colmo apresentaram menor estatura de plantas e vice versa (Tabela 4).

Houve diferenças significativas para a variável estatura de plantas, comprimento de colmo, produtividade de parte aérea, produtividade de colmo, exceto para diâmetro de colmo (Tabela 4). O diâmetro de colmo não apresentou diferença significativa entre as épocas de semeaduras estudadas, sendo o valor médio do diâmetro de 17,70 mm. A semeadura no mês de novembro apresentou os menores resultados diferindo significativamente dos demais meses (Tabela 4). Já a produtividade de colmo apresentou decréscimo na produtividade conforme o atraso na semeadura, logo, a semeadura em outubro proporcionou a maior produtividade de colmo. As produtividades de colmo associadas ao teor de brix no caldo são

importantes variáveis na indústria sucroalcooleira, pois através dessas variáveis se estimaram a rentabilidade de etanol, e consequentemente, o lucro do produtor.

**Tabela 4** – Valores médios para estatura de plantas (EST); comprimento de colmo (CCMO), diâmetro de colmo (DCMO), produtividade de parte aérea (PPAR) e colmo (PCMO) de genótipo de sorgo sacarino submetido a diferentes épocas de semeaduras. UFSM (2014).

Tratamentos	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
	<b>Estatura de plantas (cm)</b>			
<b>Brs 506</b>	295,00**	280,62	311,75	295,79 B
<b>Fepagro 19</b>	336,75	312,37	307,25	318,79 A
<b>Brs 511</b>	306,25	295,75	314,00	305,33 B
<b>Brs 509</b>	306,37	285,75	311,00	301,04 B
<b>Média</b>	311,09 a*	293,62 b	311,00 a	--
<b>CV(%)</b>		7,06		
<b>Comprimento de colmo (cm)</b>				
<b>Brs 506</b>	264,75**	254,75	278,12	265,87 B
<b>Fepagro 19</b>	302,00	283,37	274,00	286,46 A
<b>Brs 511</b>	277,75	256,50	274,75	269,66 B
<b>Brs 509</b>	273,87	254,37	276,50	268,25 B
<b>Média</b>	279,59 a*	262,25 b	275,84 a	--
<b>CV(%)</b>		7,47		
<b>Diâmetro de colmo (mm)</b>				
<b>Brs 506</b>	16,75**	18,00	19,00	17,91 A
<b>Fepagro 19</b>	16,37	16,87	15,50	16,25 B
<b>Brs 511</b>	18,62	19,37	17,50	18,50 A
<b>Brs 509</b>	18,00	19,12	17,37	18,16 A
<b>Média</b>	17,43 a*	18,34 a	17,34 a	--
<b>CV(%)</b>		8,95		
<b>Produtividade de parte aérea (t ha<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Brs 506</b>	57,62**	46,50	43,00	49,04 A
<b>Fepagro 19</b>	60,50	49,75	43,12	51,12 A
<b>Brs 511</b>	56,00	49,62	47,87	51,16 A
<b>Brs 509</b>	53,12	47,12	44,37	48,21 A
<b>Média</b>	56,81 a*	48,25 b	44,59 a	--
<b>CV(%)</b>		19,34		
<b>Produtividade de colmo (t ha<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Brs 506</b>	48,00**	38,87	37,37	41,41 A
<b>Fepagro 19</b>	48,00	40,50	34,50	41,00 A
<b>Brs 511</b>	49,25	39,37	40,62	43,08 A
<b>Brs 509</b>	45,37	38,25	39,12	40,91 A
<b>Média</b>	47,65 a*	39,25 b	37,91 b	--
<b>CV(%)</b>		20,76		

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. \*\*Não foi aplicado teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

As interações duplas entre os fatores espaçamento de entrelinhas e genótipos não foram significativas ( $P>0,05$ ) para todas as variáveis estudadas (Tabela 1).

Não houve diferença significativa entre os espaçamentos entrelinhas para a estatura de plantas, comprimento de colmo, diâmetro de colmo e produtividade de folhas, sendo os valores médios de 305,23 cm, 272,55 cm, 17,70 mm e 3,03 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O espaçamento entrelinhas de 0,50 m apresentou os menores valores para °brix do caldo, produtividade de parte aérea, produtividade de colmo e produtividade de panícula, diferindo significativamente do espaçamento de 0,70m de entrelinhas, ou seja, a redução do espaçamento não resultou em uma resposta superior para essas variáveis (Tabela 5). Esse resultado contraria aos encontrados por Emygdio et al (2011) e May et al. (2012) que observaram que a redução do espaçamento de entrelinhas resulta em maiores crescimento e desenvolvimento no sorgo sacarino. Em contrapartida, Heiffig (2202) e Fernandes (2013), relatam que o aumento de produtividade com a redução do espaçamento de entrelinhas não são verificados quando a população de plantas se mantém, ou seja, a produtividade aumentará com a redução do espaçamento se houver também um ajuste na população de plantas na área. As variáveis de produtividade de colmo e °brix do caldo são fundamentais na escolha do manejo cultural a fim de garantir a rentabilidade na produção de etanol.

Não foi observada diferença significativa entre os genótipos estudados para produtividade de parte aérea, produtividade de colmo e de folhas (Tabela 5), sendo as produtividades médias de 49,88; 41,60 e 3,03 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O genótipo Fepagro foi superior aos demais genótipos estudados para estatura de colmo, comprimento de colmo e produtividade de panícula, no entanto, esse mesmo genótipo apresentou o menor diâmetro de colmo e o menor teor de brix no caldo (Tabela 5). O menor teor de brix apresentando pelo genótipo Fepagro 19 de 13,83% é inferior ao preconizado na indústria usineira para a produção de etanol (Tabela 5). Esses valores de °brix no caldo foram baixos, provavelmente, pela alta produtividade de panícula, sendo que em vez de acumular açúcares nos colmos esse fotoassimilado foi direcionado para a formação de grãos (produtividade de panícula de 5,54 t ha<sup>-1</sup>). O cultivo de genótipos com alta produtividade de panículas não são indicados para regiões de alta incidência de ventos, pois são mais suscetíveis ao acamamento de plantas, devido ao alto peso oriundo das panículas.

**Tabela 5** – Valores médios para Brix do caldo (SST); estatura de plantas (EST.); comprimento de colmo (CCMO); produtividades de parte aérea (PPAR) e colmo (PCMO);

diâmetro de colmo (DIAM); produtividade de folhas (PFS) e panícula (PPAN) de sorgo sacarino submetido a diferentes espaçamentos de entrelinhas. UFSM (2014).

Tratamentos	Espaçamento 0,5		Espaçamento 0,70		Média	CV(%)
	° Brix (%)					
<b>Brs 506</b>	15,08**		16,33		15,70 B	
<b>Fepagro 19</b>	13,66		14,00		13,83 C	
<b>Brs 511</b>	16,58		17,75		17,16 A	8,35
<b>Brs 509</b>	15,00		16,17		15,58 B	
<b>Média</b>	15,08 b*		16,06 a			
<b>Estatura de plantas (cm)</b>						
<b>Brs 506</b>	294,00**		297,58		295,79 B	
<b>Fepagro 19</b>	317,08		320,50		318,79 A	
<b>Brs 511</b>	305,16		305,50		305,33 B	7,06
<b>Brs 509</b>	305,16		296,92		301,04 B	
<b>Média</b>	305,35 a*		305,12 a			
<b>Comprimento de colmo (cm)</b>						
<b>Brs 506</b>	261,58**		270,17		265,87 B	
<b>Fepagro 19</b>	285,83		287,08		286,45 A	
<b>Brs 511</b>	267,92		271,42		269,67 B	7,47
<b>Brs 509</b>	271,58		262,92		268,25 B	
<b>Média</b>	271,72 a*		273,39 a			
<b>Diâmetro de colmo (mm)</b>						
<b>Brs 506</b>	17,25**		18,58		17,91 A	
<b>Fepagro 19</b>	16,67		15,83		16,25 B	
<b>Brs 511</b>	18,00		19,00		18,50 A	8,05
<b>Brs 509</b>	18,25		18,08		18,16 A	
<b>Média</b>	17,54 a*		17,87 a			
<b>Produtividade de parte aérea (t ha<sup>-1</sup>)</b>						
<b>Brs 506</b>	44,33**		53,75		49,04 A	
<b>Fepagro 19</b>	48,83		53,42		51,12 A	
<b>Brs 511</b>	50,58		51,75		51,17 A	19,34
<b>Brs 509</b>	44,92		51,50		48,21 A	
<b>Média</b>	47,17 b*		52,60 a			
<b>Produtividade de colmo (t ha<sup>-1</sup>)</b>						
<b>Brs 506</b>	37,92**		44,92		41,42 A	
<b>Fepagro 19</b>	39,42		42,58		41,00 A	
<b>Brs 511</b>	42,25		43,92		43,08 A	20,76
<b>Brs 509</b>	37,75		44,08		40,91 A	
<b>Média</b>	39,33 b*		43,87 a			
<b>Produtividade de folhas (t ha<sup>-1</sup>)</b>						
<b>Brs 506</b>	2,67**		3,08		2,87 A	
<b>Fepagro 19</b>	2,58		3,25		2,91 A	
<b>Brs 511</b>	4,08		2,92		3,50 A	42,24
<b>Brs 509</b>	2,67		3,00		2,83 A	
<b>Média</b>	3,00 a*		3,06 a			
<b>Produtividade de panícula (t ha<sup>-1</sup>)</b>						
<b>Brs 506</b>	1,75**		3,33		2,54 B	
<b>Fepagro 19</b>	4,92		6,17		5,54 A	
<b>Brs 511</b>	2,58		2,42		2,50 B	
<b>Brs 509</b>	2,50		2,42		2,45 B	
<b>Média</b>	2,93 b*		3,58 a			

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. \*\*Não foi aplicado teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

#### 4.6 Conclusão

A redução do espaçamento de entrelinhas não favoreceu um incremento no crescimento e desenvolvimento das plantas de sorgo sacarino, independente do genótipo e época de semeadura utilizada.

As combinações duplas entre os fatores espaçamento de entrelinhas, épocas de semeaduras e genótipos não interferem no diâmetro de colmo.

O genótipo Fepagro 19 apresentou inferioridade aos demais genótipos estudados, exceto para produtividade panícula.

De maneira geral, os melhores desempenhos produtivos foram obtidos no espaçamento de entrelinhas de 0,70 m, semeado no mês de outubro, com destaque para o genótipo BRS 511.

O °brix do caldo foi à única variável que sofreu interferência direta nas interações duplas entre os fatores espaçamento de entrelinhas e épocas de semeadura, e genótipos e épocas de semeaduras. Sendo que a época de semeadura de dezembro e o genótipo Fepagro 19 apresentaram valores inferiores aos preconizados como ideais para utilização como matéria-prima na indústria usineira para produção de etanol.

#### 4.7 Literatura Citada

ALBUQUERQUE, C. J. et al. Potencial forrageiro de cultivares de sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. **Potencialidades, desafios e sustentabilidade**: resumos expandidos. Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.

ALMODARES, A.; HADI, M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. **Afr. J. Agric. Res.**, v. 4, n.9, p.772-780, 2009.

ALVAREZ, C. G. D.; et al.. Avaliação de características bromatológicas da forragem de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamento entrelinhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n.3, p. 409-414, 2002.

BARROS, L. M.; et al. Efeito da época de semeadura sobre a produção de sorgo sacarino, na região sul do RS, na safra 2012/2013. In: XXII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 2013, Pelotas. **Anais**. Pelotas: UFPEL, 2013.

BYE, P.; MEUNIER, A.; MUCHNIK, J. **As inovações açucareiras: permanência e diversidade de paradigmas**, v. 10, n.1/3, p. 35-52, 1993.

CASA, R. T.; REIS, E. M. Doenças na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). **Milho: estratégia de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003. p. 1 – 18.

CHIELLE, Z. G.; et al. Ensaio Sul-rio-grandense de sorgo para corte ou pastejo 2000/2001, resultados da rede estadual. In: REUNIAO TECNICA ANUAL DO MILHO, 46.; REUNIAO TECNICA ANUAL DO SORGO, 29., 2001, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2001. CD-ROM.

CHIELLE, Z. Efeito da irrigação de duas cultivares de sorgo sacarino e quatro densidades de plantio em solos de várzea. In: XIII REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 13, Pelotas, 1984. CD-Rom. Pelotas, RS.

COELHO, A. M. et al. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 100, p. 1-24, 2002. (Arquivo do agrônomo, 14).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.

COSTA, J.A. et al. Redução no espaçamento entre linhas e potencial de rendimento da soja. **Revista Plantio Direto**, p. 22-28, 2002.

EMBRAPA: CNPMS (2010). **Sistemas de Produção: Cultivo de Sorgo**. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/index.htm). Acesso em: 10 de outubro de 2013.

EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar**. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos – 2009, 55p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, EMBRAPA – SPI, EMBRAPA – CNPS. 2006, 412p.

EMYGIO, B. M. Desempenho da cultivar de sorgo sacarino BRS 506 visando à produção de etanol em dois ambientes contrastantes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.17, n.1, p.45-51, 2011.

EMYGDIO, B. M.; et al. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino visando à produção de etanol em solos hidromórficos. **Revista Agropecuária Gaúcha**, v. 17, n1, p. 53 – 59, 2011.

FERNANDES, P. G. **Avaliação Agronômica de dois cultivares de sorgo sacarino (Sorghum bicolor (L.) Moench)**. 2013. 89 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos de Goytacazes,RJ.

HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MACHADO, J. R.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; BRINHOLI, O. Épocas de semeadura de sorgo sacarino em São Manuel e Botucatu, Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 22 (9/10): 951-958. 1987.

MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas (MG): Embrapa, 2000, 46 p. (CircularTécnica, 3).

MARCHEZAN, E.; SILVA, M. I. Avaliação de cultivares de sorgo em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 14, n. 3/4, p. 161-172, 1984.

MAY, A.; et al. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n. 3, p.278-299, 2012.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

MOURÃO, C.S.; et al. Efeito de doenças foliares no desenvolvimento de sorgo sacarino. IN: 29º CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2012, Águas de Lindóia: **Anais...** Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 749-755 p.

RIBEIRO FILHO, N.M.,et al. Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de aguardente. **Revista Brasileira de Produção Agroindustrial**, v. 1, p. 9-16, 2008.

SCHAFFERT, R. E. Determinação do período útil de industrialização para o sorgo sacarino. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Anais...** Relatório técnico anual do Centro Nacional de pesquisa de Milho e Sorgo 1980-84. Sete Lagoas, MG, 1986. P.155-157.

SILVA, D.D.; et al. Controle de doenças (2012) In: May, A.; Durães, F. O. M.; Pereira Filho, I. A.; Schaffert, R. E.; Parrella, R. A. da C. (Ed.) (2012). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol**: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. p. 68 - 84.

TEIXEIRA, C. G.; et al. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 248-251, 1997.

ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS. 1997. p.9-26. (Circular Técnica, 17)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sorgo sacarino desponta no cenário agrícola como uma promissora alternativa no fornecimento de matéria-prima de qualidade durante a entressafra da cana-de-açúcar para o setor sucroenergético. A facilidade de mecanização na semeadura e colheita, bem como a semeadura via sementes facilita para o agricultor programar a cultura.

No entanto, esta cultura apresenta desafios principalmente no que se refere ao manejo dos tratos culturais dos genótipos mais atuais, já que na literatura atual encontramos informações de pesquisas oriundas da década de 80. Logo, verifica-se a necessidade de desenvolver um sistema de produção para o sorgo sacarino visando genótipos mais modernos que identifiquem o melhor arranjo de plantas, incluindo espaçamento de entrelinhas (para colheita mecanizada ou não) e população de plantas; épocas de semeaduras conforme as regiões; definição do momento da colheita; fornecimento constante de sementes de qualidade e preço acessível para o produtor; manejo efetivo de controle de plantas daninhas, pragas e doenças, bem como novas indicações de produtos fitossanitários, principalmente no que tange a competição com plantas daninhas, sendo que este é um dos principais entraves na introdução de sorgo sacarino em novas áreas, além das áreas de reforma de canaviais.

Como podemos observar vários são os desafios encontrados na cultura do sorgo sacarino, logo, esse trabalho faz parte apenas do início de muitas pesquisas que deveram surgir a fim de nortear as práticas culturais para garantir a rentabilidade da cultura. No entanto, podemos inferir que para as condições edafoclimáticas do município de Santa Maria, RS, os genótipos de sorgo sacarino BRS 506, Fepagro 19, BRS 511 e BRS 509 apresentaram um desempenho produtivo satisfatório; sendo que a variedade atual BRS 511 conseguiu expressar seu excelente potencial produtivo quando comparado aos genótipos mais antigos como o BRS 506 e Fepagro 19. No ano agrícola de 2012/2013 devido a chuvas regulares e bem distribuídas a semeadura no mês de outubro apresentou os melhores desempenhos produtivos, no entanto, novos trabalhos devem ser desenvolvidos para uma correta recomendação da melhor época de semeadura, principalmente em anos que proporcionem excesso ou deficiência hídrica, por isso a importância da caracterização da interação genótipo x local.

Em relação ao espaçamento de entrelinhas, não foi observado um incremento significativo na produtividade e nas características fitotécnicas dos genótipos estudados com a redução do espaçamento de entrelinhas, sendo que esta resposta contraria aos demais estudos que envolvem espaçamento de entrelinhas realizados no Brasil, principalmente na região

sudeste. Essa diferença na resposta pode estar associada que nos demais trabalhos que envolvem espaçamento de entrelinhas, estes estão associado a diferentes populações de plantas, caso que não ocorreu no presente estudo já que a população de plantas foi estabelecida em 120 mil plantas ha<sup>-1</sup> independente do espaçamento de entrelinhas utilizado. O espaçamento de entrelinhas de 0,70 m recomendado desde a década de 80 foi o espaçamento que apresentou o melhor desempenho produtivo em comparação ao 0,50 m.

Quando determinamos a temperatura base inferior dos genótipos estudados podemos observar que em nenhum momento os genótipos apresentaram uma estacionalidade de produção, mesmo quando foram semeados no mês outubro (mês que poderia proporcionar temperaturas mais baixas, principalmente as temperaturas médias noturnas). A semeadura mais precocemente no mês de setembro não foi possível, devido a dificuldade de preparar a área de semeadura, além de ser caracterizado por um mês de baixas temperaturas e de muita precipitação, o que dificulta na execução do cronograma do planejamento agrícola.

Em síntese, novos trabalhos devem ser realizados, principalmente em conjunto a empresas privadas e públicas, a fim de conseguirmos determinar um sistema de produção para a cultura do sorgo sacarino atualizado e eficiente que permita ao agricultor obter altas produtividades.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAGARSWAMY, G.; REDDY, D. M.; SWAMINATHAN, G.. Durations of the photoperiod-sensitive and insensitive phases of time to panicle initiation in sorghum. **Field Crops Research**, 55 (1-2): 1-10. 1998

ALLEN, R. R. & MUSICK, J. T. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum. **Transactions of the ASAE**, 36 (4): 1123-1129. 1993.

ALVAREZ, C. G. D.; et al.. Avaliação de características bromatológicas da forragem de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamento entrelinhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n.3, p. 409-414, 2002.

BORGONOV, R. A.; GIACOMINI, F. Recomendações para cultivo do sorgo. Sete lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1980. 77 p. (Circular Técnica 01).

BYE, P.; MEUNIER, A.; MUCHNIK, J. **As inovações açucareiras: permanência e diversidade de paradigmas.** , v. 10, n.1/3, p. 35-52, 1993.

CHIELLE, Z. G.; et al. Ensaio Sul-rio-grandense de sorgo para corte ou pastejo 2000/2001, resultados da rede estadual. In: REUNIAO TECNICA ANUAL DO MILHO, 46.; REUNIAO TECNICA ANUAL DO SORGO, 29., 2001, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: EMATER/RS, 2001. CD-ROM.

CHIELLE, Z. Efeito da irrigação de duas cultivares de sorgo sacarino e quatro densidades de plantio em solos de várzea. In: XIII REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 13, Pelotas, 1984. CD-Rom. Pelotas, RS.

COELHO, A. M. et al. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 100, p. 1-24, 2002. (Arquivo do agrônomo, 14).

CONSECANA – Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do Estado de São Paulo. **Manual de Instruções**. 5ª Edição, Piracicaba, 2006, 112 p.

CRAUFURD, P. Q.; QI, A. Photothermal adaptation of sorghum (*Sorghum bicolor*) in Nigeria. **Agricultural and Forest Meteorology**, 108 (3): 199-211. 2001.

CREELMAN, R.A.; ROONEY, L.W.; MILLER, F.R. **Sorghum**. Weslaco: Texas Agricultural Experiment Station, 1982. 32p.

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.

ELLIS, R. H.; et al. Effects of photoperiod, temperature and asynchrony between thermoperiod and photoperiod on development to panicle initiation in sorghum. **Annals of Botany**, 79 (2): 169-178. 1997

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2012) **Processamento industrial do sorgo sacarino**, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2p.

EMYDIO, B.M. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_4/sorgo/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm)>. Acesso em: 29/5/2011.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria canavieira**. Piracicaba: STAB, 193 p. 2000.

FIGUEIREDO, I.B.; TEIXEIRA, C.G.; PAPINI, R.S. Características agronômicas e uso do sorgo sacarino da cultivar BR 501 na produção de álcool etílico. **Boletim SBCTA**, Campinas, v.18, p.195-205, jul./set. 1984.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento de safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. v. 25, n.23, 80 p. (IBGE)

KARANDE, B. I.; VARSHNEYA, M. C.; NAIDU, T. R. V. Photoperiodically sensitive time interval for panicle initiation of sorghum. **Indian Journal of Plant Physiology**, 1 (4): 258-261. 1996.

LIPINSKY, E.S.; KRESOVICH, S. Sugar stalk crops for fuels and chemicals. In: **PROGRESS in biomass conversion**. New York: Academic Press, 1980. p.89-125.

MACHADO, J. R.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; BRINHOLI, O. Épocas de semeadura de sorgo sacarino em São Manuel e Botucatu, Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 22 (9/10): 951-958. 1987.

MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2000. 46p. (Circular Técnica, 3).

MAGALHÃES, P.C.; DURAES, F.O. M.; RODRIGUES, J. A. dos S.. **Cultivo do Sorgo – Ecofisiologia**. 2000b. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/ecofisiologia.htm> acesso em: 28/05/2011

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; RODRIGUES, J.A.S. (2003) Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, **Boletim técnico-86**, 4p.

MARCHEZAN, E.; SILVA, M.I. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, v.14, p.161-172, 1984.

MARTIN, J. H. Historia y clasificación de los sorgos (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In: WALL, L. S.; ROSS, W. M. **Producción y usos Del sorgo**. Buenos Aires: d. Hemisferio Sur. 1975. P. 4-6.

MORGAN, P. W.; GUY, L. W.; PAO, C. Genetic regulation of development in *Sorghum bicolor*. III. Asynchrony of thermoperiods with photoperiods promotes floral initiation. **Plant Physiology**, 83 (2): 448-450. 1987.

OLIVEIRA, F. M. **Consumo Humano do Sorgo na Propriedade Agrícola**. Sorgo, Uma Opção Agrícola , n. 144, p. 11 13, 1986.

PARRELLA, R. A. R. **Sorgo sacarino desponta como alternativa na produção de etanol**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/maio/2a-semana/sorgo-sacarino-desponta-como-alternativa-promissora-na-producao-de-etanol>. Acesso em: 14/03/2011.

RIBAS, P, M. **Cultivo do Sorgo – Importância econômica**. 2008. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/importancia.htm>. acesso em: 28/05/2011

RODRIGUES, L. R.; GUADAGNIN, J. P.; PORTO, M. P. Reunião Técnica Anual de Milho e Sorgo (54 e 37). In: Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e Sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2009/2010 e 2010/2011, Veranópolis: FEPAGRO Serra. 2009. 180 p.

SCHAFFERT, R. E, et al. Determinação do período útil de industrialização para o sorgo sacarino. In: EMBRAPA.Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Anais...** Relatório técnico anual do Centro Nacional de pesquisa de Milho e Sorgo 1980-84. Sete Lagoas, MG, 1986. P.155-157.

SCHAFFERT, R.E.; PARELLA, R.A.C. Cultivares. In: MAY, A. DURÃES, F.O.M.; FILHO, I.A.P.; SCHAFFERT, R.E.; PARELLA, R.A.C. **Sistema Embrapa de produção Agroindustrial de Sorgo sacarino para Bioetanol Sistema BRS 1G – Tecnologia Qualidade Embrapa**, Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo. 2012. P. 14-21.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 4. ed., 2009. 848p.

TEIXEIRA, C. G.; et al. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 248-251, 1997.

ZAGO, C. P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manejo cultural do sorgo para forragem. Sete Lagoas, 1997. p.9-26 (Circular Técnica,17).