

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

**DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA BASE,  
DESEMPENHO AGRONÔMICO E CORRELAÇÃO DE  
COMPONENTES DE RENDIMENTO EM GENÓTIPOS  
DE CANA-DE-AÇÚCAR**

**TESE DE DOUTORADO**

**Katiule Pereira Morais**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

**DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA BASE,  
DESEMPENHO AGRONÔMICO E CORRELAÇÃO DE  
COMPONENTES DE RENDIMENTO EM GENÓTIPOS DE  
CANA-DE-AÇÚCAR**

**Katiule Pereira Morais**

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 **Doutora em Agronomia.**

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

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pereira Morais, Katiule Pereira Morais  
DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA BASE, DESEMPENHO  
AGRONÔMICO E CORRELAÇÃO DE COMPONENTES DE RENDIMENTO EM  
GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR / Katiule Pereira Morais  
Pereira Morais.-2015.

72 p.; 30cm

Orientador: Sandro Luis Petter Medeiros Petter  
Medeiros

Coorientador: Sergio Delmar dos Anjos e Silva  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, RS, 2015

1. Temperatura Base 2. Componentes de rendimento 3.  
Correlações 4. Cana-de-açúcar I. Petter Medeiros, Sandro  
Luis Petter Medeiros II. Delmar dos Anjos e Silva,  
Sergio III. Título.

**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

**DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA BASE, DESEMPENHO  
AGRONÔMICO E CORRELAÇÃO DE COMPONENTES DE  
RENDIMENTO EM GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Elaborada por  
**Katiule Pereira Morais**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutora em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

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

**Thomas Newton Martin, Dr.** (UFSM)

**Isabel Lago, Dr.<sup>a</sup>** (UFSM)

**Sergio Delmar dos Anjos e Silva, Dr.** (EMBRAPA)

**Ivan Rodrigues de Almeida, Dr.** (EMBRAPA)

Santa Maria, 09 de Fevereiro de 2015.

*Dedico esta tese a minha amiga Andrişe Farias Nicoletti,  
que desencarnou precocemente antes de se tornar  
Engenheira Agrônoma*

*E também a minha filha Manuela*

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela interseção nos momentos qual pedi proteção, saúde, motivação e sabedoria.

Ao professor Sandro Luis Petter Medeiros, um agradecimento especial pela orientação, oportunidades, incentivos, ensinamentos, críticas, muita amizade e confiança depositada em mim desde minha acolhida e início às atividades no Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia no ano de 2005.

À UFSM, ao PPGA, ao Departamento de Fitotecnia e os seus professores, pelos ensinamentos e convívio diários.

Aos bolsistas do Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia, Jean Biondo, Jessica Boelter e Fagner Dias, pelos momentos de trabalho, amizade, diversão e auxílio durante as etapas da realização deste trabalho, sem vocês a condução dos experimentos não seria possível.

Ao Pesquisador da Embrapa Clima Temperado e meu co-orientador, Sergio Delmar dos Anjos e Silva pela cessão das mudas, e orientação no plantio e condução dos experimentos.

Aos meus pais Luiz e Marilena pelo amor e dedicação e as minhas irmãs e melhores amigas Carla, Katiúcia e Caroline pelo apoio incondicional que sempre me foi dado, e principalmente pela confiança depositada em mim ao logo da minha vida acadêmica. *Eu Amo Vocês!!!*

Ao meu esposo Thiago Biacchi Farias, pelo carinho, afeto, dedicação, amor e principalmente por fazer parte da minha vida!!!

Enfim, agradeço a todos que tiveram ao meu lado durante essa caminhada, me incentivando e dando forças, pois se consegui chegar aqui, com certeza foi com a ajuda de todos vocês, a quem eu também dedico este trabalho.

*A todos que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui...*

*... muito obrigado de coração!*

Conhecimento real é saber a extensão da própria ignorância

(Confúcio)

Tentar e falhar é, pelo menos, aprender. Não chegar a tentar é sofrer a inestimável perda

(Geraldo Eustáquio)

Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina

(Cora Coralina)

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria.

### **DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA BASE, DESEMPENHO AGRONÔMICO E CORRELAÇÃO DE COMPONENTES DE RENDIMENTO EM GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

AUTOR: KATIULE PEREIRA MORAIS  
ORIENTADOR: SANDRO LUIS PETTER MEDEIROS  
Local e Data da Defesa: Santa Maria, 09 de fevereiro de 2015.

A cana-de-açúcar possui grande importância social e econômica na Depressão Central do Rio Grande do Sul, entretanto carece de pesquisas que possibilitem ampliar o seu cultivo e melhorar a qualidade dos seus subprodutos. Esta tese tem o objetivo de dar subsídio para a ampliação e aumento da produção da cultura da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, com a utilização de genótipos mais adaptados. Foram realizados dois experimentos em Santa Maria e Jaguari, ambos localizados na Depressão Central do Rio Grande do Sul, em diferentes ciclos de cultivo, de 2009 a 2013. Foram avaliados oito genótipos de cana-de-açúcar: RB855156, RB925211, RB925345, RB975932, RB867515, RB935744, RB925268 e RB987935. Foi estimada a temperatura base desses genótipos pelo método do desenvolvimento relativo, foi avaliada a produtividade de colmos, variáveis de qualidade (índice de maturação, sólidos solúveis totais, fibra, e volume de caldo) e componentes do rendimento (números de colmos/metro, comprimento e diâmetro de colmo). Os valores de temperatura base estimada variou de 7,5 a 12,8 °C em cana planta e 7,4 a 10,8 °C em cana soca. Os genótipos RB987935 e RB867515 apresentaram maiores produtividades em todos os ciclos de cultivo, em Santa Maria e Jaguari. A produtividade de colmos foi superior à média nacional, com exceção do genótipo RB855156 que apresentou menor produtividade em Santa Maria, porém apresentou maior produtividade em Jaguari. Ocorreu variação no índice de maturação entre genótipos e entre ciclos de cultivo e, considerando essa variável, o genótipo RB855156 foi o que apresentou maior precocidade em todos os ciclos, também esta entre os genótipos com maior teor de sólidos solúveis totais, juntamente com o RB925345 e RB925211. O teor de fibra foi variável ao longo do período de maturação, entre genótipo e também entre ciclo de cultivo, com a maioria dos valores na faixa de 9 a 12%. O volume de caldo por tonelada de cana variou de 215 a 351, 221 a 493, 305 a 587 l t<sup>-1</sup>, nos ciclos de cana planta, cana soca de primeiro e cana soca de segundo ano, respectivamente. A variável número de colmos/metro foi a que apresentou maior correlação com a produtividade de colmos, sendo importante sua avaliação para a seleção de maneira indireta de genótipos mais produtivos.

**Palavra-chave:** *Saccharum* sp. Temperatura base. Produtividade. Qualidade. Correlação.



## **ABSTRACT**

Doctoral Thesis  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil

### **DETERMINATION OF BASE TEMPERATURE, AGRICULTURE PERFORMANCE AND YIELD COMPONENTS CORRELATION IN SUGARCANE GENOTYPES**

AUTHOR: KATIULE PEREIRA MORAIS  
ADVISOR: SANDRO LUIS PETTER MEDEIROS  
Date and Place of Defense: Santa Maria, February 9, 2015

The sugarcane has great social and economic importance in Rio Grande do Sul, Central Depression, however lacks research that allow to expand the cultivation and improve the quality of their products. This thesis -has order to give subsidy for the expansion and increased production of the culture of sugarcane in Rio Grande do Sul, with the use of better adapted genotypes. Two experiments were conducted in Santa Maria and Jaguari, both located in Rio Grande do Sul, Central Depression, in different crop cycles, from 2009 to 2013. We analyzed eight genotypes of cane sugar: RB855156, RB925211, RB925345, RB975932, RB867515, RB935744, RB925268 and RB987935. The base temperature of these genotypes by the method development was estimated relative, was evaluated sugarcane yield, quality variables (maturation index, total solids soluble fiber and volume of broth) and yield components (stems / metro numbers, length and stem diameter). The estimated base temperature values ranged from 7.5 to 12.8 °C in plant cane and from 7.4 to 10.8 °C in ratoon cane. The RB987935 and RB867515 genotypes showed greater productivity in all cycles of culture in Santa Maria and Jaguari. The sugarcane yield was higher than the national average, with the exception of RB855156 genotype of lowest productivity in Santa Maria, however presented higher yield in Jaguari. There was variation in the maturation index among genotypes and crop cycles and, considering this variable, the RB855156 genotype showed the highest precocity all cycles, also is among the genotypes with higher content of soluble solids along with RB925345 and RB925211. The fiber was variable over a maturation period between range and between growing cycles, with most values in the range from 9 to 12%. The volume of broth per ton of cane ranged 215-351, 221-493, 305-587 l t<sup>-1</sup>, in the cycles of plant cane, cane ratoon cane first and second ratoon respectively. The variable number of stems / meter showed the highest correlation with sugarcane yield, it is important to review the selection indirectly for genotypes more productive.

**Keywords:** *Saccharum* sp., Base temperature, Productivity, Quality, Correlation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### **3 CAPITULO I – TEMPERATURA BASE DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

- Figura 1 - Sistema de numeração de folhas de Kujiper para a cultura da cana-de-açúcar.....25  
Figura 2 - Temperaturas médias diárias do período experimental no município de Santiago e Santa Maria, RS. Dados estação automática INMET .....30

### **4 CAPÍTULO 2 - MATURAÇÃO E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇUCAR EM SANTA MARIA-RS**

- Figura 1 - Curvas de sólidos solúveis totais (SST) de genótipos de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta (a), cana soca de primeiro ano (b) e cana soca de segundo ano (c).....44  
Figura 2 - Fibra (%) de genótipos de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta (a), cana soca de primeiro ano (b) e cana soca de segundo ano (c).....46  
Figura 3 - Volume de caldo por tonelada de colmo (litros) de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta (a), cana soca de primeiro ano (b) e cana soca de segundo ano (c).....49

## LISTA DE TABELAS

### 3 CAPÍTULO I – TEMPERATURA BASE DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Tabela 1 - Temperatura base de genótipos de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta e cana soca. Santa Maria e Jaguari, RS.....	27
Quadro 1 - Normais climatológicas obtidas com dados do período de 1961-1990 da temperatura do ar (°C) e temperatura mínima da estação meteorológica principal de Santa Maria, RS, INMET.....	29

### 4 CAPÍTULO 2 - MATURAÇÃO E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM SANTA MARIA-RS

Tabela 1 - Índice de maturação de genótipos de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta e cana soca. Santa Maria, 2011,2012 e 2013.....	40
Tabela 2 - Médias das temperaturas mensais (°C), médias das temperaturas mínimas mensais (°C) e precipitação (mm) do período experimental (01 de setembro de 2010 a 15 de agosto de 2013). Santa Maria, RS, 2013.....	42
Tabela 3 - Produtividade de colmos de genótipos de cana-de-açúcar em ciclos de cana planta, cana soca de primeiro ano e cana soca de segundo ano.....	47

### 5 CAPÍTULO 3 – CORRELAÇÃO FENOTÍPICA E GENOTÍPICA ENTRE COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Tabela 1 - Análise de variância conjunta dos caracteres número de colmos (NC/metro), diâmetro de colmo (DC), comprimento de colmo (CC), sólidos solúveis total (SST), fibra (F) e produtividade de colmos (PROD, t ha-1) de genótipos de cana-de-açúcar avaliadas em cultivo de cana planta 2009/2010, cana soca de primeiro ano 2010/2011 e cana soca de segundo ano 2011/2012, em Jaguari, RS.....	57
Tabela 2 - Médias* dos caracteres produtividade de colmos/hectare, número de colmos/metro linear, diâmetro de colmo (cm) e fibra (%) de genótipos de cana-de-açúcar avaliadas em cultivo de cana planta (2009/2010), cana soca de primeiro ano (2010/2011) e cana soca de segundo ano (2011/2012), em Jaguari, RS.....	59
Tabela 3 - Médias* dos caracteres comprimento de colmo e sólidos solúveis totais de genótipos de cana-de-açúcar avaliadas em cultivo de cana planta (2009/2010), cana soca de primeiro ano (2010/2011) e cana soca de segundo ano (2011/2012), em Jaguari, RS.....	60
Tabela 4 - Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson entre os caracteres número de colmos (NCOLM), comprimento de colmo (COMP), sólidos solúveis totais (SST), Fibra % (F) e produtividade de colmos (PROD, t ha-1) em genótipos de cana-de-açúcar avaliados em ciclo de cana planta (2009/2010), cana soca de primeiro ano (2010/2011) e cana soca de segundo ano (2011/2012), em Jaguari, RS.....	61
Tabela 5 - Análise de trilha genotípica dos componentes de produção número de colmos (NCOLM), comprimento de colmo (COMP), sólidos solúveis totais (SST), fibra % (F) e produtividade de colmos (PROD, t ha-1) em genótipos de cana-de-açúcar avaliados em ciclo de cana planta (2009/2010), cana soca de primeiro ano (2010/2011) e cana soca de segundo ano (2011/2012), em Jaguari, RS.....	63

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
A cultura da cana-de-açúcar e fatores meteorológicos .....	14
A cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul .....	16
Zoneamento agroclimático para o Rio Grande do Sul .....	18
Qualidade industrial da cana-de-açúcar .....	19
<b>CAPÍTULO 1 – TEMPERATURA BASE DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR</b>	
Resumo .....	21
Abstract .....	21
Introdução .....	22
Material e métodos .....	23
Resultados e discussão .....	26
Conclusões .....	30
Referências bibliográficas .....	31
<b>CAPÍTULO 2 - MATURAÇÃO E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM SANTA MARIA-RS</b>	
Resumo .....	34
Abstract .....	35
Introdução .....	35
Material e Métodos .....	37
Resultados e Discussão .....	39
Conclusões .....	49
Referências bibliográficas .....	49
<b>CAPITULO 3 – CORRELAÇÃO FENOTÍPICA E GENOTÍPICA ENTRE COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR</b>	
Resumo .....	52
Abstrat .....	53
Introdução .....	53
Material e Métodos .....	54
Resultados e Discussão .....	56
Conclusões .....	64
Referências Bibliograficas .....	65
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	65
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	68

# 1 INTRODUÇÃO

O melhoramento genético da cultura da cana-de-açúcar fez com que ocorresse um aumento de produtividade de cerca de 30% nos últimos 30 anos (CARVALHO e FURTADO, 2013). Em 1975, a média de produtividade brasileira era de 47 toneladas por hectare, e passou para 75,6 toneladas por hectare na safra de 2014, com uma área plantada de 9,4 milhões de hectares (IBGE, 2014).

A produção de cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul é pequena em relação a outros Estados do país, com uma área plantada de cerca de 41,8 mil hectares (IBGE, 2014). Os motivos da pouca expressão seria a diferenciação climática, tipo de relevo mais abrupto e o diferente processo de colonização que vincula o cultivo da cana-de-açúcar a pequenas propriedades familiares. No Estado, a cana-de-açúcar é utilizada para alimentação animal, produção de melado, açúcar mascavo e cachaça.

Após cinco anos de experimentação a campo nas condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul, instituições, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Universidades em parceria com a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), indicaram novas variedades para o cultivo no Simpósio Estadual da Agroenergia e na IV Reunião Técnica de Agroenergia - RS: RB855156, RB966928, RB946903, RB925345, RB965902, RB867515, RB925268, RB935744 e RB845210. Com a indicação desses genótipos, mais produtivos e adaptados, e aprovação do zoneamento agrícola para a cultura, amplia-se a perspectiva de aplicação da produção do Estado.

O Estado do Rio Grande do Sul possui potencial para o cultivo, principalmente nas regiões do Litoral, Depressão Central e Alto Uruguai, no qual apresenta 1.527.000 ha em 182 municípios, para produção de açúcar e etanol, segundo o zoneamento agroecológico para a cultura da cana-de-açúcar (MANZATTO et al., 2009).

Acredita-se que como o Rio Grande do Sul possui um déficit na oferta de álcool, há viabilidade técnica e econômica para a instalação de destilarias de álcool no Estado. Segundo Nogueira et al. (2012), existem no Estado cerca de 6,3 milhões de hectares que apresentam condições edafoclimáticas para o cultivo da cana-de-açúcar.

Diante desse contexto, há necessidade de estudos que possibilitem a ampliação e qualificação da produção da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. Esta tese tem os seguintes objetivos:

1. Determinar a temperatura base inferior de oito genótipos de cana-de-açúcar durante período de desenvolvimento foliar
2. Avaliar a maturação e a produção de genótipos de cana-de-açúcar em Santa Maria, RS levando em consideração elementos meteorológicos.
3. Realizar correlações entre os componentes de produção sobre a produtividade de colmos por hectare no município de Jaguari.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da cana-de-açúcar e elementos meteorológicos

A cana-de-açúcar pertence à família *Poaceae*, tribo *Andropogonae*, gênero *Saccharum*, que abrange várias espécies, sendo que as atualmente cultivadas são híbridas, (ROACH; DANIELS, 1987). Essas foram obtidas através de cruzamentos entre as espécies *S. officinarum* e *S. spontaneum*, e como resultado possuem elevados níveis de sacarose, vigor vegetativo, resistência a doenças e elevada produtividade (IRVINE, 1999; AGUIRRE JUNIOR, 1936; FIGUEIREDO, 2008).

A cultura é tradicionalmente cultivada desde a latitude 35° N até a 35° S e possui larga escala de adaptação suportando razoavelmente temperaturas elevadas de 34 °C a 35 °C (BRUNINI, 2008). O clima e as variações sazonais de temperatura do ar são fatores importantes a serem considerados no plantio, uma vez que se trata de uma planta semi-perene indicada para apenas um ciclo de exploração em cada lavoura e uma das culturas tropicais de maior representatividade (SOARES, 2008).

Segundo Gascho e Shih (1983), a cana-de-açúcar apresenta quatro diferentes subperíodos em sua fenologia: 1º) Brotação e emergência dos brotos, (colmos primários); 2º) Perfilhamento e estabelecimento da cultura (da emergência dos brotos ao final do perfilhamento); 3º) Período do grande crescimento (do perfilhamento final ao início de acumulação da sacarose); 4º) Maturação (intensa acumulação de sacarose nos colmos).

O processo de brotação pode sofrer influência de fatores ambientais (temperatura, umidade e solo), genético (variedade, tamanho e idade das gemas, presença de bainha e dominância apical) e tecnologia de plantio (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2008). Segundo Gascho et al. (1973 apud AUDE, 1993) o número de colmos, crescimento e produção de colmos industriáveis apresentam maiores valores quando a temperatura se encontra ao redor de 30 °C, enquanto que temperaturas menores do que 20 °C e maiores que 35 °C, resultam em valores menores. A temperatura base para brotação é ao redor de 12 °C (SUGARCANE, 2010).

Após a brotação das gemas começa a formar outros rebentos, aos quais se denominam perfilhos. Dentre os fatores que mais influenciam o perfilhamento, pode-se citar a variedade,

luminosidade, temperatura do ar, nutrição e umidade do solo. O perfilhamento pode aumentar à medida que se eleva a temperatura do ar, até atingir o valor de 30 °C (DILLEWIJN, 1952; AUDE, 1993). No Rio Grande do Sul, o período de perfilhamento corresponde aos meses mais quentes do ano (final da primavera ao verão), na qual as condições térmicas são favoráveis à cultura.

A deficiência hídrica diminui e até mesmo impede o perfilhamento da cana-de-açúcar. Em regiões onde ocorre deficiência hídrica, recomenda-se irrigação para aumentar o número de perfilhos, porém em solos com excesso de umidade o perfilhamento é menor (AUDE, 1993).

O período de grande crescimento da cana-de-açúcar caracteriza-se por intensa divisão celular, diferenciação e alongamento celular (AUDE, 1993). O comprimento do colmo aumenta quando o comprimento do dia varia entre 10 e 14 horas (BARBIERI; VILLA NOVA, 1981), condição essa encontrada nos meses de primavera-verão no Rio Grande do Sul. Além disso, a radiação solar é alta nesse período, conforme constatado por Almeida et al. (1998).

A fase de maturação é muito influenciada pelas condições térmicas e hídricas. Nessa fase ocorre o contínuo processo de estocagem de sacarose, o qual ocorre quando as condições climáticas são desfavoráveis para o crescimento vegetativo, isto é, baixas temperaturas, principalmente noturna, e período seco e com escassez de chuvas (FERNANDES, 2012). A temperatura deve estar abaixo de 18 °C para que a cana diminua o crescimento e inicie a acumulação de açúcar, e em temperaturas maiores poderá continuar no estágio de crescimento até que outro fator determine a redução do crescimento e subsequente acúmulo de açúcar (AUDE, 1993).

O crescimento e desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, de acordo com Sinclair et al. (2004), estaria relacionado com a temperatura do ar ocorrida em cada estágio de desenvolvimento. Acrescentam ainda que os valores de temperaturas mínimas do ar necessárias para desenvolvimento dos aparatos foliares estariam em torno de 10°C, mas variando conforme o cultivar. O valor de temperatura mínima do ar quando se inicia o desenvolvimento é denominado de temperatura base inferior.

A temperatura base inferior da cana-de-açúcar varia entre os genótipos. Barbieri et al. (1979), constataram que a temperatura base para a cana-de-açúcar situa-se em torno de 20°C. Vila Nova et al. (1983); Gomes et al. (2004) e Barbieri e Silva (2007), consideram a temperatura base de 18°C para a cultura, em trabalhos no estado de Alagoas e São Paulo, respectivamente.



Para os zoneamentos agrícolas, ainda se utiliza valores entre 19 a 21°C de temperatura média anual como limite de tolerância ao desenvolvimento da cana-de-açúcar. Porém, conforme Almeida et al. (2008) a temperatura média anual não reflete as escalas temporais compatíveis com as atividades agrícolas e com a fenologia das plantas; portanto não deveria ser tomada como referência principal de restrição de aptidão.

## **2.2 A cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**

Existe a perspectiva de crescimento do setor canavieiro gaúcho para os próximos anos devido à crescente demanda por etanol. Em vista disso, existe a necessidade de estudos sobre o crescimento, desenvolvimento e adaptação de novos genótipos da cana-de-açúcar para as condições edafoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. Existem algumas limitações para o cultivo da cana no Estado relacionadas às baixas temperaturas do ar e precipitação elevada no período de maturação e colheita. Essas limitações podem ser atenuadas com a utilização e seleção de genótipos adaptados a essas condições. Em relação a outros elementos meteorológicos, como fotoperíodo e radiação solar, o Rio Grande do Sul possui disponibilidade adequada, permitindo que a cana-de-açúcar tenha alta taxa de crescimento.

Apesar de ter uma produção pouco significativa em nível nacional, a produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, tem grande importância por estar associada às atividades desenvolvidas em áreas de pequenas propriedades, relacionadas à criação de gado e ao processamento artesanal de subprodutos como melado, rapadura, açúcar mascavo e cachaça (NOGUEIRA et al., 2012)

A cana-de-açúcar é plantada no Rio Grande do Sul de outubro a dezembro para cana de ano (SOARES, 2008), portanto a temperatura do ar não é limitante para a brotação, pois os valores observados são superiores ao mínimo exigido pela cultura, ao redor de 12° C, segundo Sugarcane (2010).

A época de plantio pode determinar o aumento da produtividade, sincronizando com as condições meteorológicas mais adequadas para determinados períodos críticos. Aude et al. (1992), estudou épocas de plantio em Santa Maria, RS, concluindo que a cana plantada de agosto-setembro alcança alta produtividade quando a colheita é realizada aos doze meses de idade, visto que nos meses de maio-agosto, as condições meteorológicas determinam a

redução do crescimento da planta e concentração de sacarose, acarretando em maior teor de sólidos solúveis totais no caldo.

No Rio Grande do Sul, devido ao regime isoigro, a maturação é induzida pela diminuição da temperatura do ar que acontece a partir do mês de maio. Em regiões com ausência de estação seca, é necessária uma redução de temperatura do ar para proporcionar um repouso vegetativo e acúmulo de sacarose, isto ocorre principalmente nas regiões do sul do Brasil (BRUNINI, 2008).

A umidade do solo é um fator causador da variabilidade anual de produção e produtividade da cana-de-açúcar, exigindo em regiões tropicais e subtropicais um mínimo em torno de 1200 mm de precipitação por ano. A cultura da cana-de-açúcar é mais exigente em chuva nas fases de crescimento e desenvolvimento e de um período de restrição hídrica ou térmica (repouso fisiológico) na fase de maturação para favorecer o acúmulo de sacarose (MACHADO, 2008 apud SOUZA, 2010). Portanto, nesse aspecto encontra-se uma limitação para o Estado do Rio Grande do Sul, embora apresentando precipitação suficiente para o desenvolvimento (média anual de 1555 mm), a precipitação mais elevada nos meses de inverno seria problemática, principalmente para a colheita.

Segundo Almeida et al. (2008), "o fotoperíodo e a radiação solar no Rio Grande do Sul, durante o período de primavera/verão, são maiores comparados a outras regiões do Brasil de latitudes mais baixas, permitindo que a cana-de-açúcar tenha alta taxa de crescimento durante a fase de crescimento rápido que ocorre durante a primavera e o verão".

Ao avaliar cultivares de cana-de-açúcar em Cruz Alta, RS, Canal e Matzenbacher (1986), concluíram que a ocorrência de baixos valores de temperatura do ar foi o fator limitante ao cultivo na região, pois nenhum material testado foi tolerante ao frio. Porém, Aude et al. (1994), estudando a adaptação de cultivares de cana-de-açúcar em Santa Maria, RS, constataram que nove das dez cultivares testadas poderiam ser recomendadas para o RS, pois apresentaram alta produção de colmos industriáveis e teor de sólidos solúveis no caldo. Também constataram ser possível realizar até quarto cortes, visto que somente ocorreu um decréscimo acentuado na quinta colheita. Outros trabalhos mais recentes, Nogueira et al. (2012), Morais (2012), Leal (2011) e Verissimo et al. (2012), mostram que existe grande potencial de genótipos para o cultivo no Rio Grande do Sul.

As maiores áreas destinadas à produção, encontram-se na porção norte do Estado, enquanto que a metade sul o número de municípios produtores é reduzido ou inexistente. No entanto, a característica latifundiária presente no sul seria mais interessante para a prática

canavieira, que cede lugar ao norte do Estado com pequenas e médias propriedades, em decorrência das condições edafoclimáticas mais favoráveis (SOARES, 2008).

### **2.3 Zoneamento agroclimático para o Rio Grande do Sul**

Nos últimos anos, intensificaram-se as pesquisas e os investimentos no melhoramento vegetal e zoneamento edafoclimático. A partir do aumento da demanda brasileira de etanol, visando o uso de uma fonte de energia mais limpa e renovável, verificou-se aumento da área e da produção da cultura até mesmo nos estados não tradicionais do cultivo canavieiro. Assim, ampliam-se as expectativas para a produção de cana no Rio Grande do Sul, apesar das restrições e dos riscos para a cultura em virtude da ocorrência de temperaturas do ar baixas e geada.

A temperatura é um dos elementos climáticos mais importantes na produção. Temperatura média do ar na faixa de 25°C a 33°C é a mais favorável ao desenvolvimento vegetativo (ALMEIDA et al., 2008), ocorrendo redução do crescimento em temperaturas maiores que 35 °C, bem como inferiores a 25 °C. Em temperatura acima de 38 °C o crescimento da cultura é praticamente nulo. A cultura é suscetível a baixas temperaturas, sendo que em áreas com ocorrências de geadas intensas o cultivo da espécie torna-se economicamente inviável (MAPA, 2009).

Para delimitação das áreas aptas ao cultivo da cana-de-açúcar em condições de baixo risco, no zoneamento agroclimático foram consideradas as seguintes variáveis: temperatura média do ar anual maior que 20 °C, deficiência hídrica anual inferior a 400 mm, índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) igual ou maior que 0,50 e o risco de geadas.

No zoneamento agroclimático elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Santa Maria e Jaguari constam no zoneamento entre os municípios indicados para o cultivo de cana-de-açúcar destinado a produção de etanol, açúcar e outros fins, tendo suas datas de plantio definidas entre 11 de setembro e 31 de maio (MAPA, 2009).

## 2.4 Qualidade industrial da cana-de-açúcar

O rendimento industrial da cana em açúcar e álcool é decorrente dos teores de açúcares. O teor de sacarose determina a produção de açúcar e o de sacarose, glucose e frutose interferem na produção de álcool. O ponto de maturação é determinado principalmente pelos teores de sacarose, açúcares redutores e umidade do colmo durante o ciclo da cultura (LAVANHOVI, 2008).

Sob o aspecto tecnológico, os colmos são constituídos de caldo mais sólidos insolúveis em água. Os sólidos insolúveis em água são representados pela fibra da cana. A medida dos sólidos solúveis aparentes é denominada brix. Os sólidos solúveis são classificados em açúcares e não açúcares orgânicos e não açúcares inorgânicos. A natureza dos não açúcares pode explicar a diferença de comportamento durante o processamento da matéria prima em relação a outra composição tecnológica similar (FERNANDES, 2012).

A qualidade da cana-de-açúcar é definida por Fernandes (2012), como uma série de características intrínsecas da planta alteradas pelo manejo agrícola e industrial, as quais definem o seu potencial de produção de açúcar e etanol.

Segundo Vian (2014), anteriormente a qualidade da cana-de-açúcar era determinada exclusivamente pela POL (sacarose aparente), porém atualmente há uma definição mais completa que engloba as características físico-químicas e microbiológicas dessa matéria-prima, que podem afetar, significativamente, a recuperação desse açúcar na fábrica e a qualidade do produto final. De acordo com Lavanholi (2008), a cana-de-açúcar pode sofrer deterioração fisiológica (em decorrência do florescimento, queima ou manutenção dos colmos sem colheita), tecnológica (carregamento de material mineral para indústria, com terra) e microbiológica (atividade de bactérias inoculadas na cana com o corte).

A cana é considerada madura ou em condições de ser industrializada a partir do momento em que apresentar um teor mínimo de sacarose acima de 13% (Silva, 1989). Porém de acordo com as normas do CONSECANA (1998), a cana em condições de processamento industrial deve apresentar teor de sacarose acima de 12%.

Levantadas às curvas de maturação, verificou-se que a duração do período de utilização industrial (PUI) é característico de cada variedade, diferenciando as chamadas precoces, médias e tardias. Constatou-se que as variedades precoces alcançam logo no início da safra valores da ordem de 12% de sacarose, demonstrando possuir um PUI longo, isto é, durante muitos meses (acima de 150 dias) apresentam teor de açúcar dentro da faixa preconizada de

12 a 16%. As variedades médias possuem um PUI médio (120–150 dias). Por sua vez, as tardias, apresentam um PUI curto (70 –100 dias) e, de maneira geral, fornecem um teor de sacarose no final da safra menor do que as próprias precoces de PUI longo, deixando, portanto de apresentar interesse industrial, por oferecerem um menor rendimento (NOGUEIRA et al., 2012).

O PUI pode ser obtido através do Índice de Maturação (IM), que é dado pela relação entre grau brix (°Bx) do topo e o da base do colmo. Para tal, o brix é determinado no segundo ou terceiro entrenó da base a partir do nível do solo, e no último entrenó maduro (GALDIANO, 2008). A cana-de-açúcar armazena a sacarose a partir da base para o ápice do colmo. No início o terço basal do colmo mostra teor mais elevado de açúcar do que o terço médio, e este maior do que o terço apical. No final da maturação, o teor de sacarose tende a se igualar nas diversas partes dos colmos, quando o ápice apresenta composição similar ao da base, a cana está madura, ou seja, possui um IM maior que 0,85 (FERNANDES, 1982; FERNANDES e BENDA, 1985).

Há necessidade de o produtor conciliar alta produtividade agrícola com elevado teor de sacarose na época da colheita. As determinações tecnológicas em laboratório (brix, pol, açúcares redutores e pureza) fornecem dados mais precisos da maturação, porém pode-se realizar uma estimativa da maturação com o auxílio de um refratômetro de campo, determinando o índice de maturação, e com isso acompanhar o período adequado para a colheita.

Um genótipo de cana-de-açúcar ideal é aquele que possui elevados níveis de açúcares, produtividade de colmos, teor de fibra, resistência ao acamamento e a doenças. Além disso é importante selecionar genótipos com essas características que tenham diferentes ciclos (precoce, médio e tardio), tendo matéria-prima na indústria por maior parte do ano.

## **3 CAPÍTULO 1 – TEMPERATURA BASE DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

### **3.1 Resumo**

A produção da cultura da cana-de-açúcar vem aumentando no Estado do Rio Grande do Sul em função da demanda de etanol, açúcar e também de outros subprodutos, em vista disso, necessitam-se estudos da influência de variáveis meteorológicas na cultura. Com o objetivo de selecionar genótipos mais adaptados, foram determinadas as temperaturas base de oito genótipos de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta e cana soca, utilizando o método do desenvolvimento relativo. Foram conduzidos experimentos em dois locais: em Jaguari, RS (2009/2010 e 2010/2011) e em Santa Maria, RS (2010/2011 e 2011/2012). Os valores de temperatura base dos genótipos RB855156, RB925211, RB925345, RB975932, RB867515, RB935744, RB925268 e RB987935 em cana planta foram 11,3, 10,9, 12,8, 9,8, 9,5, 10,2, 7,5 e 9,8 °C, respectivamente, e em cana soca foram 10,8, 10,1, 9,7, 9,6, 7,4, 7,9, 10,1 e 9,5 °C, respectivamente. Estes valores indicam ser possível o desenvolvimento destes genótipos de cana-de-açúcar nas condições agrometeorológicas da Depressão Central do Rio Grande do Sul, com base nos dados das normais climatológicas de Santa Maria, RS.

**Palavras-chave:** *Saccharum* sp. Temperatura base. Desenvolvimento relativo.

## **BASE TEMPERATURE OF SUGARCANE GENOTYPES**

### **3.2 Abstract**

The crop production of sugarcane has increased in the state of Rio Grande do Sul, depending on the demand for ethanol, sugar and also other by-products, in view of this need to be studies of the influence of meteorological variables in the culture. With the aim of selecting the most adapted genotypes were determined based on temperatures from eight genotypes of sugarcane

sugar cane plant and ratoon cane cycle, using the method of relative development. Experiments were conducted in two environments: in Jaguarí, RS (2009/2010 and 2010/2011) and Santa Maria, RS (2010/2011 and 2011/2012). The values of base temperature of genotypes RB855156, RB925211, RB925345, RB975932, RB867515, RB935744, RB925268 and RB987935 in plant cane were 11.3, 10.9, 12.8, 9.8, 9.5, 10.2, 7.5 °C and 9.8, respectively, and ratoon cane were 10.8, 10.1, 9.7, 9.6, 7.4, 7.9, 10.1 and 9.5 °C, respectively. These values indicate the possibility of development of these genotypes of sugarcane agrometeorological conditions in the Central Depression of Rio Grande do Sul based on the data of the climatological normal Santa Maria, RS.

**Keywords:** *Saccharum* sp. Base temperature. Relative development.

### 3.3 Introdução

A cultura da cana-de-açúcar é propícia para o desenvolvimento em regiões tropicais, sendo que os baixos valores de temperatura do ar podem atuar como fator limitador para a sua expansão no Rio Grande do Sul. Mesmo assim, a cana gera renda para mais de 1300 famílias, em sua maioria pequenos produtores (RIDESA, 2013), ao produzirem melado, cachaça, açúcar mascavo e utilizarem para alimentação animal. A área gaúcha de cana-de-açúcar segundo o IBGE (2013) é de 33 mil hectares, e apenas 1,5 mil hectares são dedicados à produção do etanol (CONAB, 2013).

As diferenças no ciclo de desenvolvimento de genótipos de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul em comparação a outros Estados produtores são decorrentes dos menores valores de temperatura do ar e da ocorrência de geadas. Em vista disso, o conhecimento das temperaturas base para o desenvolvimento de cada genótipo é de grande importância para a seleção de genótipos promissores para o cultivo no Rio Grande do Sul.

A temperatura base inferior ( $T_b$ ) pode ser interpretada como a temperatura abaixo da qual a planta não se desenvolve e, se o fizer será a uma taxa muito reduzida, podendo ser desprezada (BURIOL et al., 1978). A cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul é plantada no mês de setembro e passa pelas fases de brotação, perfilhamento e crescimento de colmos durante os meses da primavera e verão. Quando ocorre decréscimo da temperatura do ar, o crescimento e desenvolvimento cessam e começando a fase de maturação. O conhecimento da temperatura base para cada genótipo pode ajudar a conhecer também o início do período de

maturação, pois segundo Scarpari e Beurclair (2004), a diminuição da temperatura do ar tem papel fundamental na maturação da cana-de-açúcar, responsável pela redução no ritmo do crescimento vegetativo para o acúmulo de sacarose nos colmos.

Em trabalhos realizados nos Estados de Alagoas e São Paulo, Vila Nova et al.(1983), Gomes et al. (2004) e Barbieri e Silva (2007) consideram a temperatura base de 18 °C para a cultura da cana-de-açúcar, r. Afim de determinar o filocrono da cana-de-açúcar em Santa Maria e Jaguari, RS, Streck et al. (2010) e Morais (2012), respectivamente, utilizaram a temperatura base de 10°C, valor determinado por Sinclair et al. (2004), pois consideraram que as condições térmicas em que foi realizado esse trabalho são similares as de Santa Maria, RS.

O valor de temperatura base de 10 °C parece ser mais coerente do que o de 18°C para as condições do Rio Grande do Sul. Para este Estado, a análise das normais mensais de temperatura mínima do ar evidenciam a ocorrência frequente de valores inferiores a 18°C (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA,1992). Conseqüentemente, as condições térmicas não possibilitariam o desenvolvimento adequado. Entretanto, existem genótipos adaptados às condições térmicas da Depressão Central do Rio Grande do Sul, conforme se constata nos trabalhos de Aude et al. (1992), Hanauer (2011), Leal (2011) e Morais (2012).

O conhecimento da temperatura base de uma espécie vegetal é importante para possibilitar a avaliação do potencial de produção de uma determinada área em diferentes épocas do ano, e é indispensável para a viabilização econômica de projetos agropecuários (VILLA NOVA et al, 2007). Acrescenta-se ainda a importância o estudo de diferentes genótipos em diferentes locais, visando recomendações específicas e não generalizadas para o zoneamento agrícola. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi determinar a temperatura base inferior de oito genótipos de cana-de-açúcar durante período de desenvolvimento foliar.

### **3.4 Material e métodos**

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do departamento de solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no município de Santa Maria, RS, Brasil (29°43'9" S, 53°42' O, 95 m), no período de julho de 2010 a agosto de 2012 e no Núcleo de Pesquisa Avançada do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFET), sediado na localidade do Chapadão, no município de Jaguari, RS, Brasil (29°28'S, 54°44'O, 397 m), no período de setembro de 2009 a julho de 2011. O clima da região é o Cfa



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

Foram avaliados oito genótipos de cana-de-açúcar, sendo quatro de ciclo precoce (RB 855156, RB925211, RB925345 e RB975932) e quatro de ciclo médio e tardio (RB867515, RB935744, RB925268 e RB987935). Cada unidade experimental foi constituída de uma área útil de 44,8 m<sup>2</sup> (5,6 m de largura e 8 m de comprimento) em Santa Maria e 28 m<sup>2</sup> em Jaguari . Os experimentos foram conduzidos em dois cultivos: em Jaguari, cana planta (2009/2010) e cana soca de primeiro ano (2010/2011) e em Santa Maria, cana planta (2010/2011) e cana soca de primeiro ano (2011/2012).

Anterior à implantação dos experimentos as áreas experimentais receberam uma aração, seguida de gradagem e aplicação de calcário. No momento do plantio foi efetuada a adubação de correção de fósforo, potássio e micronutrientes, de acordo o resultado da análise de solo, seguindo o recomendado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004). A adubação de nitrogênio em cobertura foi realizada com ureia na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> divididas em duas aplicações. A adubação das soqueiras foi realizada com a aplicação de 60 kg/ha de KCl e 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e a adubação nitrogenada em cobertura foi a mesma utilizada em cana planta. O controle de plantas daninhas no início do ciclo da cultura foi realizado com capina manual, e no decorrer do ciclo com o herbicida Gramoxone e 2,4 D, na entre linha da cultura e nos caminhos, sempre que necessário. O controle biológico da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) foi realizado por meio de liberação da “vespinha” *Cotesia flavipes*.

O experimento foi implantado no mês de setembro de 2009 e 2010, em Jaguari e Santa Maria, respectivamente. O plantio foi realizado em sulco, numa densidade de 18 gemas por metro linear, com espaçamento entre linhas de 1,4 m e profundidade de plantio de 20 cm.

Foram escolhidas aleatoriamente três plantas por parcela e identificadas com arames coloridos, para a realização das determinações do número de folhas expandidas (folhas verdes acima do fio até a inserção da folha +1, conforme o sistema de numeração de folhas proposto por Kuijper em Van Dillewijn (1952), após a avaliação o fio era colocado acima da folha +1, conforme Figura 1 abaixo.

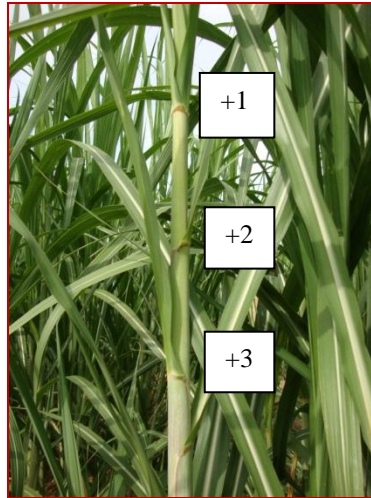


Figura 1 - Sistema de numeração de folhas de Kujiper para a cultura da cana-de-açúcar. Foto: Morais, 2010.

Os dados da temperatura do ar foram obtidos junto à Estação Climatológica Principal de Santa Maria (29°42'S, 53°42' W, 95 m) e na Estação Climatológica de Santiago (29°19' S, 54°88' W, 394 m), pertencentes ao 8° DISME/INMET/MA. A temperatura média diária ( $T_m$ ) foi calculada pela média aritmética dos 24 valores horários de cada dia. Também se identificou a temperatura mínima absoluta diária.

A temperatura base de cada genótipo foi determinada pelo método do desenvolvimento relativo (DR), que consiste na análise de regressão linear entre o DR e a temperatura média de cada intervalo de avaliação:

$$DR = a + b \cdot T, \text{ em que:}$$

$T$  é a temperatura média (°C);  $a$  e  $b$  são os coeficientes linear e angular da regressão linear simples.

DR é calculado por:

$$DR = N/n, \text{ em que:}$$

DR = desenvolvimento relativo à temperatura média do ar;  $N$  = número de folhas expandidas no período;  $n$  = dias do período (intervalo entre avaliações).

Neste método, quando DR for igual à zero,  $T$  será igual à  $T_b$ ; sendo obtida por:

$$T_b = -a/b$$

Após a determinação da temperatura base inferior de cada genótipo, esses valores foram comparados com os valores de temperatura mínima e média do ar referentes às

Normais Climatológicas obtidas com dados do período de 1961 a 1990, da Estação Climatológica Principal de Santa Maria, RS, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 1992).

As médias dos dados meteorológicos e os cálculos da temperatura base pelo método do desenvolvimento relativo foram realizados no programa Excel 2007.

### **3.5 Resultados e discussão**

Na tabela 1 é apresentada a determinação da temperatura base pelo método do desenvolvimento relativo (DR), sendo considerada a temperatura base de cada genótipo o valor médio entre os dois locais (Jaguari e Santa Maria). Os dois municípios estão distantes em torno de 120 km, mas possuem diferenças nas condições agrometeorológicas em função da diferença de altitude nos locais onde foram realizados os experimentos.

O ano de 2009/2010, correspondente ao ciclo de cana planta em Jaguari, RS, ocorreu o fenômeno El Niño, o que acarretou em chuva acima do normal nos meses de setembro, outubro, novembro de 2009 e janeiro de 2010, acarretando em menor radiação solar devido ao maior número de dias de chuva. Já o ano de 2011/2012 foi um ano de chuvas abaixo do normal nos meses de novembro, dezembro e janeiro, devido ao fenômeno La Niña, correspondente ao período de cana soca em Santa Maria. Essas variações interanuais são importantes em estudos de resposta do desenvolvimento e avaliação de variáveis meteorológicas.

Para os genótipos de ciclo precoce, RB855156, RB925211, RB925345 e RB975932 os valores obtidos de temperatura-base foram 11,3, 10,9, 12,8 e 9,8 °C, em cana planta e 10,8, 10,1, 9,7 e 9,6 °C em ciclo de cana soca, respectivamente. Os genótipos de ciclo médio/tardio RB867515, RB935744, RB925268 e RB987935, os valores obtidos de temperatura-base foram 9,5, 10,2, 7,5 e 9,8 °C em cana planta e 7,4, 7,9, 10,1 e 9,5°C, respectivamente, em ciclo de cana soca (Tabela 1).

Tabela 1 - Temperatura base (TB) de genótipos de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta e cana soca. Santa Maria e Jaguari, RS, 2009 a 2012.

Genótipos	Ciclo	Jaguari-RS			Santa Maria-RS			Média
		TB	Equação	R <sup>2</sup>	TB	Equação	R <sup>2</sup>	
RB855156	Cana planta	<b>10,7</b>	$y = 0,0107x - 0,1144$	0,53	<b>12,0</b>	$y = 0,0056x + 0,0267$	0,43	<b>11,3</b>
	Cana soca	<b>11,4</b>	$y = 0,0148x - 0,1684$	0,36	<b>10,2</b>	$y = 0,0108x - 0,1102$	0,60	<b>10,8</b>
RB925211	Cana planta	<b>11,4</b>	$y = 0,0115x - 0,1308$	0,60	<b>10,4</b>	$y = 0,0126x - 0,1311$	0,60	<b>10,9</b>
	Cana soca	<b>10,3</b>	$y = 0,0103x - 0,1062$	0,46	<b>9,9</b>	$y = 0,0091x - 0,0898$	0,48	<b>10,1</b>
RB925345	Cana planta	<b>13,1</b>	$y = 0,014x - 0,1834$	0,73	<b>12,4</b>	$y = 0,0175x - 0,2172$	0,46	<b>12,8</b>
	Cana soca	<b>9,7</b>	$y = 0,01x - 0,0969$	0,38	<b>9,7</b>	$y = 0,0093x - 0,0898$	0,44	<b>9,7</b>
RB975932	Cana planta	<b>9,8</b>	$y = 0,01x - 0,0975$	0,48	<b>9,8</b>	$y = 0,0113x - 0,1108$	0,48	<b>9,8</b>
	Cana soca	<b>9,8</b>	$y = 0,0105x - 0,1029$	0,34	<b>9,5</b>	$y = 0,0091x - 0,0861$	0,38	<b>9,6</b>
RB867515	Cana planta	<b>10,2</b>	$y = 0,01x - 0,1014$	0,45	<b>8,9</b>	$y = 0,01x - 0,089$	0,57	<b>9,5</b>
	Cana soca	<b>6,4</b>	$y = 0,0074x - 0,0474$	0,57	<b>8,3</b>	$y = 0,0075x - 0,0623$	0,54	<b>7,4</b>
RB935744	Cana planta	<b>9,7</b>	$y = 0,0095x - 0,0935$	0,50	<b>10,7</b>	$y = 0,0123x - 0,1314$	0,57	<b>10,2</b>
	Cana soca	<b>8,6</b>	$y = 0,0082x - 0,0706$	0,49	<b>7,2</b>	$y = 0,0071x - 0,0514$	0,47	<b>7,9</b>
RB925268	Cana planta	<b>6,5</b>	$y = 0,0075x - 0,049$	0,42	<b>8,5</b>	$y = 0,0094x - 0,0797$	0,44	<b>7,5</b>
	Cana soca	<b>10,5</b>	$y = 0,0095x - 0,0993$	0,38	<b>9,8</b>	$y = 0,0084x - 0,0823$	0,69	<b>10,1</b>
RB987935	Cana planta	<b>9,8</b>	$y = 0,0095x - 0,0929$	0,48	<b>9,9</b>	$y = 0,011x - 0,1091$	0,52	<b>9,8</b>
	Cana soca	<b>10,6</b>	$y = 0,0111x - 0,1175$	0,50	<b>8,4</b>	$y = 0,0085x - 0,0711$	0,49	<b>9,5</b>

Verificou-se que a diferença nos valores de temperatura base entre os genótipos em ciclo de cana planta foi de 7,5 a 12,8 °C e em ciclo de cana soca foi de 7,4 a 10,8 °C (Tabela 1). Essa variação permite a seleção de genótipos de acordo com a ocorrência de frio, indicando para as regiões de maior risco aqueles com menor valor de temperatura base, para garantir o desenvolvimento ideal da cultura mesmo em regiões de menor disponibilidade térmica. Wrege et al. (2005) afirmam que a variação geográfica do terreno, notadamente a altitude, colabora para que a probabilidade de ocorrência de geada seja diferente entre locais, tendo em vista que a altitude influencia na temperatura do ar, sendo assim pode-se distribuir o plantio de diferentes genótipos em uma propriedade rural conforme os valores de temperatura base.

Observou-se que os genótipos de cana-de-açúcar de ciclo precoce (RB855156, RB925211, RB925345 e RB975932) apresentaram valores de temperatura base superior aos de ciclo médio/tardio (RB867515, RB935744, RB925268 e RB987935), com médias de valores obtidos de temperatura-base de 10,6 e 9,0 °C, respectivamente.

Verificou-se que os valores de temperatura base obtidos para os genótipos de cana-de-açúcar (Tabela 1) foram próximos aos citados por Sinclair et al. (2004), que encontraram

temperatura base para a emissão de folhas de 10 °C, Inman-Bamber (1991) e Inman-Bamber (1994) de 12 e 10 °C , respectivamente. Os valores de temperatura base encontrados são inferiores ao valor de 18 °C, encontrados por Vila Nova et al. (1983), Gomes et al. (2004) e Barbieri e Silva (2007) em trabalhos no estado de Alagoas e São Paulo.

No Rio Grande do Sul, Hanauer (2011), estimou a temperatura base para três genótipos de cana-de-açúcar, e encontrou valores de temperaturas base maiores no ciclo de cana planta em relação ao ciclo de cana soca, com variação de até 16,5 a 0 °C, respectivamente, para o genótipo IAC822045 na safra 2009/2010. Esse autor considerou que os resultados indicam inconsistência e dúvida no valor de temperatura base de cada genótipo.

Levando em consideração as temperaturas normais obtidas do período de 1961-1990 em Santa Maria, RS (Quadro 1), os valores de temperatura média do ar (°C) de todos os meses estão acima das temperaturas base encontradas neste estudo. Os meses de maio a setembro são os meses com temperaturas mínimas do ar (°C) mais baixas, com menor valor de 9,3 °C no mês de julho, e mesmo neste período essas temperaturas estão dentro da faixa de temperatura base encontradas neste estudo. A partir do mês de maio o desenvolvimento e o crescimento cessam e as baixas temperaturas são importantes para induzirem o início da maturação.

A maneira mais correta de caracterizar o desenvolvimento vegetal é através do conceito de graus-dias (GD). Este conceito, baseia-se no fato de que a taxa de desenvolvimento de uma espécie vegetal está relacionada à temperatura do ar. Os genótipos de ciclo médio e tardio que possuem menor valor de temperatura base têm o seu período de desenvolvimento maior em relação aos com maior temperatura base, isto é, quanto maior o valor de temperatura base do ar, maior é o período para que a planta tenha o acúmulo térmico necessário para o seu desenvolvimento.

Valores de temperatura base de 19,43 °C, como estimado por Scarpore et al. (2011), e 20 °C estimado Barbieri et al. (1979), são valores muito altos considerando as temperaturas normais no Rio Grande do Sul (Quadro 1), e que outros trabalhos elaborados por Moraes (2012) e Hanauer (2011), mostram que o crescimento e o desenvolvimento de genótipos de cana-de-açúcar é adequado em cultivo no Estado. Isso reforça a importância de estudos regionais para a utilização no zoneamento agrícola da cultura.

Quadro 1 - Normais climatológicas obtidas com dados do período de 1961-1990 da temperatura do ar (°C) e temperatura mínima da estação meteorológica principal de Santa Maria, RS, INMET

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Média
Temperatura do ar (°C)	24,6	24,0	22,2	18,8	16,0	12,9	13,5	14,6	16,2	18,8	21,4	22,7	18,8
Temperatura mínima (°C)	19,1	19,5	17,9	14,5	11,8	9,3	9,5	10,4	11,3	13,5	15,9	18,3	14,2

A figura 2 abaixo mostram as temperaturas médias dos períodos experimentais nos dois locais e confirmam que as temperaturas médias abaixo das temperaturas base encontradas ocorrem durante o período de maturação, e são necessárias para o acúmulo de sacarose. A maturação é beneficiada por condições desfavoráveis ao crescimento vegetativo, que estimulam o acúmulo de sacarose (SUGAWARA, 2010).

Também nota-se que podem ocorrer temperaturas mais baixas nos meses de agosto e setembro, ocorrendo um atraso no processo de brotação, pois a temperatura interfere na velocidade de reações bioquímicas e na atividade de enzimas envolvidas na divisão, diferenciação e crescimento celular, sendo um dos fatores que mais influenciam a brotação (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2010).

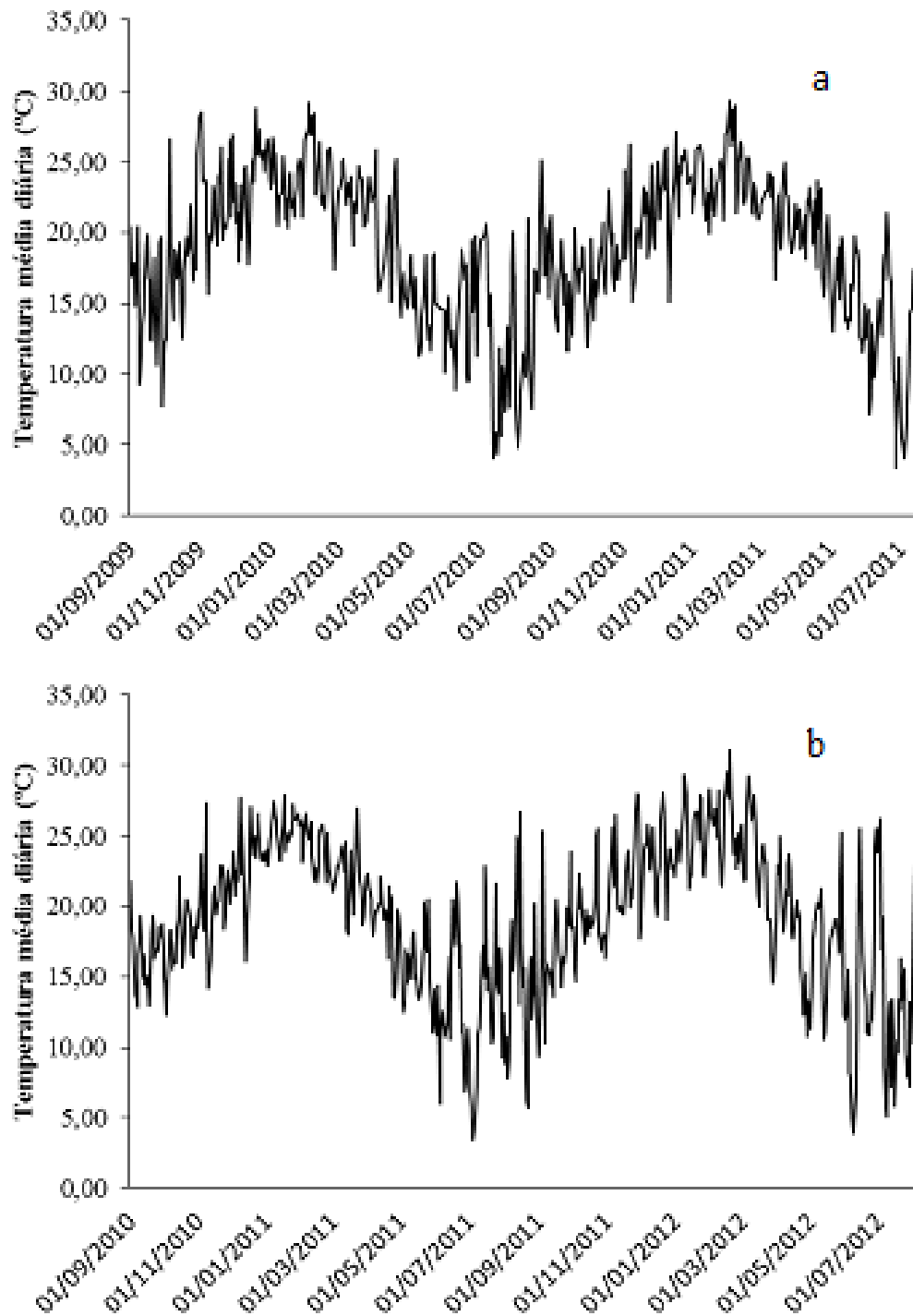


Figura 2 - Temperaturas médias diárias do período experimental no município de Santiago, RS (a) e Santa Maria, RS (b). Fonte: Dados da estação automática INMET, Santiago, A833 e Santa Maria, A803.

### 3.6 Conclusões

A temperatura base dos genótipos estudados variou de 12,8 °C a 7,4 °C. A partir dos valores normais de temperatura do ar (°C) de Santa Maria, RS, consta-se que a região de estudo apresenta condições térmicas adequadas para o crescimento e desenvolvimento dos genótipos estudados. Em virtude disso, sugere que os valores temperatura base obtidos podem ser utilizados para fins de zoneamento agrícola.

Os valores de temperatura base identifica que diferentes genótipos podem apresentar diferentes níveis de tolerância a condições de frio mais intenso.

### 3.7 Referências bibliográficas

AUDE, I.S. et al. Época de plantio e seus efeitos na produtividade e teores de sólidos solúveis no caldo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 131-137, 1992.

BARBIERI, V.; SILVA, F.C. da Adequação do método da zona agroecológica (FAO) para estimativa do acúmulo mensal potencial de matéria seca da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) e da produtividade agrícola para diferentes condições climáticas. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007. Aracaju – SE. (CD-ROM).

BARBIERI, V; BACCHI, O.O.S., VILLA NOVA, N.A. Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1979, Mossoró-RN.

BURIOL, G. A. et al. Temperatura base dos subperíodos emergência-floração e floração maturação de quatro linhagens de lentilha (*Lens culinaris* medic). **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 175-184, 1978.

CARGNELUTTI FILHO, et al. Coordenadas geográficas na estimativa das temperaturas máxima e média decendiais do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n. 9, 2008.

CASAGRANDE, A.A.; VASCONCELOS, A.C.M. de. Fisiologia da parte aérea. In DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M de; LANDELL, M.G.A. (ED.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2010. p. 57-78.



COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Passo Fundo, **Recomendações de Adução e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 4. ed. Passo Fundo, SBCN – Núcleo Regional Sul/EMBRAPA – CNPT, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_08\\_08\\_09\\_39\\_29\\_boletim\\_cana\\_p\\_ortugues\\_-\\_abril\\_2013\\_1o\\_lev.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_08_09_39_29_boletim_cana_p_ortugues_-_abril_2013_1o_lev.pdf). Acesso em: 02 de outubro de 2014.

GOMES, B. H. et al. Associação das variações meteorológicas com o florescimento da cana-de-açúcar em Alagoas – um estudo de caso. Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza, 2004

HANAUER, J. G. **Crescimento, desenvolvimento e produtividade em cultivo de cana planta e cana soca de um ano em Santa Maria, RS**. Santa Maria: UFSM, 2011. 81f. Dissertação de Mestrado.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da produção agrícola, 2013 Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo/lspa\\_201401.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201401.pdf). Acesso em: 08 fev. 2014.

INMAN-BAMBER, N.G. A growth model for sugarcane based on a simple carbon balance and CERES-Maize water balance. **South African of Plant and Soil**, Pretoria, v.8, n. 2, p. 93-99,1991.

INMAN-BAMBER, N.G. Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of sugarcane. **Field Crops Research**, v.36, p.41-51, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201202.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201202.pdf) Acesso em: 08 out. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 08 out. 2014.

LEAL, L, T. **Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à inoculação de bactérias diazotróficas no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011. 78f. Dissertação Mestrado.

MORAIS, K. P. **Desempenho agrônomo de cana-de-açúcar em Jaguari-RS. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria**, 2012. 67f. Dissertação Mestrado.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia. 1961. 43 p.

RIDESA- Rede interuniversitária para o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro. 2013. Cana gaúcha, tchê. Acesso em: 18 de maio de 2014. Disponível em: <http://www.novacana.com/n/cana/variedades/cana-gaucha-tche-040613/>

SCARPARE, F. V. et al. Determinação da temperatura base da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) em função das unidades fototérmicas. **Anais...V Congresso Brasileiro de Biometeorologia ESALQ/USP Piracicaba – SP**, 2011

SINCLAIR, T.R et al. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, v.88, p.171-178, 2004.

STRECK, N. A. et al. Leaf development and growth of selected sugarcane genótipos in a subtropical environment. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1049-1057, 2010.

VAN DILLEWIJN, C. Botany of sugarcane. **Waltham: Ckonica Botanica Co., 1952**.

VILLA NOVA, N. A.; CARRETEIRO, M. V.; SCARDUA, R. Um modelo de avaliação do crescimento de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) em termos da ação combinada do fotoperíodo e da temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1983, Campinas. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1983. p.31-48.

VILLA NOVA, N. A. et al. Método alternativo para cálculo da temperatura base de gramíneas forrageiras. **Ciência. Rural**, Santa Maria, v.37, n.2,p. 545-549, 2007.

WREGGE, M.S. et al. Regiões potenciais para o cultivo da cana-de-açúcar no Paraná, com base na análise do risco de geadas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 113-122, 2005.

## 4 CAPÍTULO 2 - MATURAÇÃO E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇUCAR EM SANTA MARIA-RS

### 4.1 Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a maturação e produtividade oito genótipos de cana-de-açúcar nos cultivos de cana planta, soca de primeiro e soca de segundo ano. O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013 em Santa Maria-RS. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Foram realizadas a partir do início do período de maturação em cada ano de cultivo avaliações associadas à maturação, como o índice de maturação (IM), sólidos solúveis totais (SST), teor de fibra (F) e volume de caldo (V). Ao final de cada cultivo foi realizada a avaliação de produtividade de colmos. Através do IM verificou-se que a maioria dos genótipos iniciou o período de maturação no mês de maio e que ocorreu diferenças na maturação entre genótipos e também ciclos de cultivo. Os genótipos RB925345, RB815156 e RB925211 destacaram-se em todos os ciclos com elevados teores de SST já no início do período de maturação. O teor de F (%) da maioria dos genótipos encontram-se na faixa de 9 a 12%. O volume de caldo por tonelada de cana variou de 215 a 587 l t<sup>-1</sup>, com maiores valores em cana soca de segundo ano. O genótipo de ciclo precoce RB975932 e os de ciclo médio/tardio RB987935 e RB867515 destacaram em produtividade em todos os ciclos de cultivo.

**Palavras-chave:** *Saccharum* sp. Parâmetros tecnológicos. Produção.

## MATURITY AND PRODUCTIVITY OF GENOTYPES SUGARCANE IN SANTA MARIA-RS

### 4.2 Abstract

The objective of this study was to evaluate the maturity and productivity eight genotypes of sugar cane crops in plant cane, first ratoon and second ratoon. The experiment was conducted in the agricultural year 2010/2011, 2011/2012 and 2012/2013 in Santa Maria-RS. The design was a randomized block design with three replications. Were made from the beginning of the ripening period in sugarcane cultivation year ratings associated with aging, such as maturation index (MI), total soluble solids (TSS), fiber content (F) and volume of broth (V). At the end of each crop evaluation of sugarcane yield was performed. Through the IM it was found that most genotypes maturation period started in May and maturation occurred differences between genotypes and also cycles of cultivation. The RB925345, RB815156 RB925211 genotypes and stood out in all cycles with higher TSS since the beginning of the ripening period. The F content (%) in most genotypes are in the range of 9 to 12%. The volume of juice per ton of cane ranged 215-587 l t<sup>-1</sup>, with higher values in second ratoon cane. The genotype RB975932 cycle early and mid / late cycle RB987935 RB867515 excelled in productivity in all crop cycles.

**Key-works:** *Saccharum* sp. Quality. Production. Varieties.

### 4.3 Introdução

Na área agrícola a maior produtividade e qualidade da matéria-prima devem ser objetivos essenciais, assim como a redução dos custos de produção. Na área industrial o objetivo principal deve ser o aumento da “eficiência industrial” e melhoria da qualidade dos produtos finais de acordo com os mercados consumidores. Aliando essas duas áreas, tem-se o “rendimento agroindustrial”, visando maior quantidade de açúcar e/ou álcool produzido por hectare cultivado (FERNANDES, 2012).

Para a produção de sacarose a planta precisa encontrar condições de temperatura do ar e umidade do solo que permitam o desenvolvimento suficiente durante a fase vegetativa, seguido de um período de restrição hídrica e ou térmica para induzir o repouso vegetativo e o acúmulo de sacarose. As condições climáticas existentes na Região Sudeste do Brasil são muito propícias à maturação fisiológica natural de cana-de-açúcar, induzidas pela restrição hídrica das plantas. Sendo que, o processo tem início nos meses de abril e maio e as precipitações pluviais são determinantes para se estabelecer esse início da maturação (TOPPA et al (2010). Já para o Estado do Rio Grande do Sul o início da maturação é induzida pela diminuição de temperatura do ar.

Enquanto que, as temperaturas em torno de 17 °C são benéficas para maturação, as temperaturas de 2,5 °C ou abaixo disto podem interromper ou limitar a maturação da cana (MALUF et al., 2007), situação comum no Rio Grande do Sul durante o inverno na maturação da cana.

As chamadas curvas de maturação servem para representar a concentração de açúcares durante toda a fase de maturação. Para as condições agrometeorológicas do Rio Grande do Sul essas curvas podem se modificar em relação a outras regiões do país. A maturação da cana-de-açúcar no Estado é induzida pelo frio, que é benéfico para o acúmulo de sacarose, porém nos invernos mais rigorosos que ocorrem no Estado, o período de maturação fica mais reduzido. Uma das principais características da variedade cultivada no frio deve ser o ciclo muito mais curto do que o normal, já que a cana tem grande dificuldade de crescer durante o inverno.

O período no qual a cana possui condições tecnológicas adequadas para ser colhida é definido como período útil de industrialização ou período de utilização industrial (PUI), e esse difere entre as variedades (LAVANHOLI, 2008). Portanto, é importante saber da maturação das variedades, isto é, das boas condições de industrialização e do PUI para trabalhar com variedades com diferentes tipos de maturação para proporcionar a melhor flexibilidade no gerenciamento da colheita, para que o período de safra possa ser estendido e obter matéria prima de qualidade ao longo de toda a safra.

Com a adoção do sistema de pagamento pelo teor de sacarose, há necessidade do produtor conciliar alta produtividade agrícola com elevado teor de sacarose na época da colheita. As determinações tecnológicas em laboratório fornecem dados mais precisos da maturação, porém pode-se realizar uma estimativa da maturação e com isso acompanhar o período adequado para a colheita através da análise do Índice de Maturação (IM), conforme Galdiano (2008).

Em Santa Maria, na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, Aude et al. (1994), avaliaram a adaptação de 10 cultivares de cana-de-açúcar e observaram que os genótipos testados tinham potencial para serem produzidos na região, atingindo na época média de 68, 62, 54 e 35 t ha<sup>-1</sup>, nos anos de 1983, 1984, 1985 e 1986, respectivamente, com médias de grau brix de 18,6, 19,2, 21,3, e 21%, respectivamente. Aude et al. (1992), em outro experimento estudando épocas de plantio da cana-de-açúcar, obtiveram produtividades variáveis, com médias de até 100 t ha<sup>-1</sup>. Trabalhos recentes de Verissimo et al. (2012), Leal (2011) e Moraes (2012), mostram que existe grande potencial de genótipos modernos de cana-de-açúcar com produtividades iguais e até acima da média nacional.

Com o objetivo de avaliar a maturação e a produção de genótipos de cana-de-açúcar em Santa Maria, RS realizou-se um experimento em três ciclos de cultivo da cultura.

#### **4.4 Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na área experimental do departamento de solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no município de Santa Maria, RS, Brasil (29°43'9.08" S, 53°42'14.84" W), no período de setembro de 2010 a agosto de 2013. O clima da região é o Cfa (subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida), conforme classificação de Köppen (MORENO, 1961).

Os tratamentos foram organizados no delineamento experimental blocos ao acaso, com três repetições, totalizando 24 unidades experimentais, constituindo um esquema bifatorial (genótipos e cultivo). Cada unidade experimental foi constituída de uma área útil de 44,8 m<sup>2</sup> (5,6 m de largura e 8 m de comprimento). O experimento foi conduzido em três cultivos, cana planta (2010/2011), cana soca de primeiro ano (2011/2012) e cana soca de segundo ano (2012/2013). As mudas dos oito genótipos de cana-de-açúcar foram provenientes da Embrapa Clima Temperado, onde foram selecionadas pelo melhor desempenho a partir de experimentos conduzidos anteriormente.

Os genótipos avaliados foram desenvolvidos pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), sendo quatro de ciclo precoce (RB 855156, RB925211, RB925345 e RB975932) e quatro de ciclo médio e tardio (RB867515, RB935744, RB925268 e RB987935).

Anteriormente a implantação do experimento, a área experimental recebeu uma aração, seguida de gradagem e aplicação de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> calcário. No momento do plantio foi efetuada a adubação de correção de fósforo, potássio e micronutrientes, de acordo com o resultado da análise de solo feita no mês de maio, seguindo o recomendado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), com 480 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-25-20. A adubação de nitrogênio em cobertura foi realizada com uréia na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> dividida em duas aplicações. A adubação das soqueiras foi realizada com a aplicação de 60 kg/ha de KCl e 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e a adubação nitrogenada em cobertura foi a mesma utilizada em cana planta. O controle de plantas daninhas no início do ciclo da cultura foi realizado com capina manual, e no decorrer do ciclo com o herbicida gramoxone e 2,4 D, na entrelinha da cultura e nos caminhos, sempre que necessário. O controle biológico da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) foi realizado com a dispersão da “vespinha” *Cotesia flavipes*.

O experimento foi implantado no mês de setembro de 2010, e as colheitas da cana planta e cana soca de primeiro ano ocorreram em 30 de julho de 2011 e 2012, respectivamente. A soqueira de segundo ano foi colhida dia 25 de agosto de 2013. O plantio foi realizado em sulco, numa densidade de 18 gemas por metro linear, com espaçamento entre linhas de 1,4 m e profundidade de plantio de 20 cm. A colheita das plantas das parcelas foi realizada manualmente, efetuando-se um corte na base dos colmos, de toda a linha central da parcela (8 m), sendo posteriormente mensurados em balança de capacidade para 100 kg instalada em um tripé, para a avaliação de produtividade.

Ao longo do período de maturação foram realizadas avaliações qualitativas nos diferentes genótipos. Três colmos foram colhidos aleatoriamente de cada unidade experimental e levados ao laboratório do Núcleo de Pesquisa em Ecofisiologia da Universidade Federal de Santa Maria. As avaliações foram realizadas em 27/04/2011, 17/05/2011, 05/06/2011, 26/06/2011 e 15/07/2011 em cana planta, 17/05/2012, 07/06/2012, 12/07/2012 e 27/07/2012 em cana soca de primeiro ano e 06/04/2013, 04/05/2013, 08/06/2013, 04/07/2013 e 12/08/2013 em cana soca de segundo ano.

Para a obtenção do índice de maturação (IM) foi utilizado um refratômetro portátil para a medição dos sólidos solúveis totais (SST) no internódio da ponta (abaixo do ponto de quebra) e na base do colmo, conforme metodologia proposta por Stupiello (1987). A relação existente entre o SST da ponta e da base indica o índice de maturação (IM), pelos seguintes valores: menor que 0,6 (cana verde), 0,6 a 0,84 (em maturação), 0,85 a 1 (madura) e maior que 1 (declínio de maturação).

Após, foram pesados os colmos coletados e posteriormente realizada a extração do caldo em uma prensa elétrica. Com o caldo extraído, foi medido em uma proveta graduada de 1000 ml o volume de caldo proveniente dos colmos, e com o peso desses colmos, calculou-se o rendimento de caldo em uma tonelada de colmo. Também foram mensurados os sólidos solúveis totais do caldo.

O bagaço úmido proveniente da extração do caldo foi pesado e posteriormente secado em estufa de ventilação forçada para determinação da fibra pelo método de Tanimoto, conforme CONSECANA (2006).

Os dados meteorológicos foram obtidos na estação meteorológica pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia - 8º DISME, do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, localizada na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (latitude: 29°42' S, longitude: 53°42' W e altitude: 95m).

Os dados de produtividade obtidos foram submetidos à análise da variância, e depois de testadas as interações entre genótipos e cultivos, as foram médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott, com nível de 5% de probabilidade de erro.

#### **4.5 Resultados e Discussão**

O índice de maturação (IM) variou entre os genótipos e durante as épocas de amostragem, sendo que todos os genótipos apresentaram um incremento no IM à medida que avançou o ciclo (Tabela 1), corroborando com a constatação de Aude et al. (1994). Esses autores citam que a partir dos meses de abril e maio, o declínio da temperatura do ar determina elevação na concentração de açúcar no caldo, com conseqüente aumento no índice de maturação.



Tabela 1 - Índice de maturação de genótipos de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta e cana soca. Santa Maria, 2011,2012 e 2013.

Cana planta (2011)					
Genótipos	27/abr	17/mai	05/jun	26/jun	15/jul
RB 855156	0,52	0,72	0,73	0,77	0,86
RB925211	0,62	0,63	0,70	0,76	0,77
RB925345	0,55	0,70	0,71	0,91	0,90
RB975932	0,50	0,53	0,61	0,75	0,75
RB925268	0,66	0,63	0,68	0,78	0,79
RB987935	0,39	0,59	0,56	0,75	0,63
RB867515	0,49	0,47	0,52	0,78	0,72
RB935744	0,53	0,48	0,60	0,74	0,74
Cana soca de primeiro ano (2012)					
Genótipos	17/mai	07/jun	12/jul	27/jul	
RB 855156	0,79	0,84	0,85	0,85	
RB925211	0,77	0,71	0,77	0,82	
RB925345	0,77	0,80	0,75	0,77	
RB975932	0,76	0,83	0,72	0,72	
RB925268	0,72	0,71	0,74	0,78	
RB987935	0,65	0,66	0,74	0,73	
RB867515	0,59	0,65	0,68	0,68	
RB935744	0,57	0,61	0,64	0,65	
Cana Soca de segundo ano (2013)					
Genótipos	06/abr	04/mai	08/jun	04/jul	12/ago
RB 855156	0,51	0,71	0,83	0,86	1,04
RB925211	0,35	0,70	0,73	0,64	0,90
RB925345	0,43	0,78	0,88	0,96	0,96
RB975932	0,40	0,73	0,75	0,88	0,90
RB925268	0,52	0,69	0,79	0,78	0,97
RB987935	0,44	0,45	0,71	0,76	0,88
RB867515	0,37	0,52	0,62	0,64	0,85
RB935744	0,35	0,59	0,66	0,83	0,81

\* menor que 0,60: verde; entre 0,60 e 0,84: em processo de maturação; entre 0,85 e 1: madura; maior que 1: em processo de declínio de sacarose.

O genótipo RB855156 apresentava-se “em maturação” no mês de maio em todos os ciclos, e “madura” no mês de junho (Tabela 1). Na avaliação realizada no mês de agosto em cana soca de segundo ano esse genótipo já encontrava-se em “declínio de sacarose”.

No mês de abril o genótipo RB925211 foi classificado “em maturação”, porém na avaliação realizada no mês de julho, ainda não estava “madura” (Tabela 1). O genótipo RB925345 atingiu a classificação “em maturação” no mês de maio em todos os ciclos, e a

classificação “madura” no final do mês de junho em cana planta e início de junho em cana soca de segundo ano. A cana soca de primeiro ano não atingiu a classificação “madura” na última avaliação no mês de julho.

O genótipo RB975932 foi classificado como “madura” em cana soca de segundo ano no mês de julho, nos demais ciclos ainda encontrava-se “em maturação” nas últimas avaliações.

Os genótipos RB925268 e RB987935 foram classificados como “madura” somente no mês de agosto em cana soca de segundo ano, embora o RB925268 já estivesse “em maturação” em todos os ciclos nas avaliações realizadas no mês de maio.

O genótipo RB867515 em cana planta entrou “em maturação” apenas no final do mês de junho (Tabela 1). Nos ciclos de cana soca entrou em maturação no início de junho, mas apenas teve a classificação madura no mês de agosto em cana soca de segundo ano.

O genótipo RB935744 não foi classificado como “maduro” em nenhum dos ciclos e datas de avaliação, considerando assim por esse critério a mais tardia (Tabela 1).

Em cana soca de primeiro ano apenas um genótipo se encontrava maduro na última avaliação (Tabela 1). A maior restrição hídrica que ocorreu nos meses de novembro, dezembro e janeiro (2011/2012) no cultivo de cana soca de primeiro ano, quando a cana-de-açúcar encontrava-se na fase de alongação de colmo, pode ter atrasado o ciclo da cultura, por essa restrição ter ocorrido na fase vegetativa, pois segundo Brunini (2008), a maturação e a colheita são favorecidas pela estiagem.

Todos os genótipos de ciclo precoce e o RB925268 encontravam-se “em maturação” no mês de maio, período em que verifica-se diminuição da temperatura do ar (Tabela 2), embora as precipitações fossem elevadas. Viana (2007), cita que a redução da temperatura do ar proporciona um repouso vegetativo e acúmulo de sacarose, sendo que a somatória das quedas gradativas da temperatura do ar com a redução e do término das precipitações reduz o processo de crescimento da planta e acumula açúcar, porém no Rio Grande do Sul as precipitações não reduzem nos meses de maturação e o acúmulo de açúcar ocorre apenas pela redução da temperatura do ar.

Tabela 2 - Médias das temperaturas mensais (°C), médias das temperaturas mínimas mensais (°C) e precipitação (mm) do período experimental (01 de setembro de 2010 a 15 de agosto de 2013). Santa Maria, RS, 2013.

	Temperaturas médias (°C)	Médias temperaturas mínimas (°C)	Médias temperaturas máximas (°C)	Precipitação (mm)
Ciclo de cana planta (2010/2011)				
Setembro	16,61	12,75	21,74	514,40
Outubro	17,79	12,46	23,94	55,20
Novembro	20,34	14,55	27,17	78,60
Dezembro	23,36	17,95	29,88	167,60
Janeiro	25,41	21,01	31,58	130,60
Fevereiro	24,15	20,16	29,62	183,80
Março	22,08	17,48	28,19	61,20
Abril	19,17	14,20	25,96	192,80
Mai	15,24	11,12	21,03	84,20
Junho	13,16	8,77	19,12	116,20
Julho	12,48	8,68	18,10	163,10
Média e Total	19,07	14,47	25,12	1747,70
Ciclo de cana soca de primeiro ano (2011/2012)				
Agosto	15,57	11,36	20,82	145,90
Setembro	17,23	12,03	23,84	73,00
Outubro	19,11	14,31	24,96	246,20
Novembro	22,25	16,60	28,59	46,40
Dezembro	23,21	17,39	30,14	13,60
Janeiro	25,17	19,19	32,54	70,20
Fevereiro	25,61	20,27	32,24	204,60
Março	21,19	15,22	28,49	96,80
Abril	17,32	13,20	23,08	187,20
Mai	17,17	11,95	23,72	148,80
Junho	16,14	12,47	21,50	47,60
Julho	10,94	5,89	17,16	186,00
Média e Total	19,58	14,41	26,02	1320,40
Ciclo de cana soca de segundo ano (2012/2013)				
Agosto	19,32	14,89	25,31	55,60
Setembro	17,57	12,96	23,46	269,00
Outubro	20,41	16,54	25,45	276,80
Novembro	23,16	17,21	29,95	78,80
Dezembro	24,71	19,65	30,95	313,40
Janeiro	23,44	18,01	29,92	151,60
Fevereiro	23,83	18,91	29,50	102,20
Março	20,60	16,26	26,20	203,60
Abril	19,38	14,40	26,11	186,60
Mai	15,39	10,82	21,06	83,40
Junho	13,53	9,61	18,58	95,20
Julho	13,50	8,65	19,79	162,20
Agosto	13,31	8,39	18,78	76,00
Média e Total	19,21	14,41	25,12	1729,80

O genótipo RB925345 destacou-se em todos os ciclos com elevados teores de SST desde o início do período de maturação (Figura 1). Também os genótipos RB815156 e RB925211 apresentaram teores de SST elevados precocemente, corroborando com os dados de índice de maturação.

De maneira geral, os genótipos precoces foram os que apresentaram maiores teores de SST (Figura 1). O ciclo de cana soca de segundo ano foi o que apresentou maiores valores de SST.

Os SST mantêm uma relação direta, na prática, com o teor de açúcar no caldo, e segundo Fernandes (2012), varia de 15 a 20% entre maio e novembro na região centro sul do Brasil e deve ter teor mínimo de 18% para ser industrializada. Considerando esse critério, apenas os genótipos RB925345, RB815156 e RB925211 apresentaram o teor de SST maior que 18% durante o período de avaliação, com esse valor no início do mês de junho (Figura 1 a) em cana planta e já no mês de maio em cana soca de primeiro ano (Figura 1 b).

Em cana soca de segundo ano todos os genótipos apresentavam SST superior a 18% no mês de maio (Figura 1 c). Segundo Silva et al. (2014), o aumento da disponibilidade hídrica em relação ao ciclo anterior, favoreceu o acúmulo progressivo de sacarose nas células isodiamétricas do tecido parenquimatoso do colmo, refletido pelo elevado valor de SST, uma vez que a sacarose é um dos sólidos solúveis do caldo e seu aumento resultou em aumento do SST do caldo.

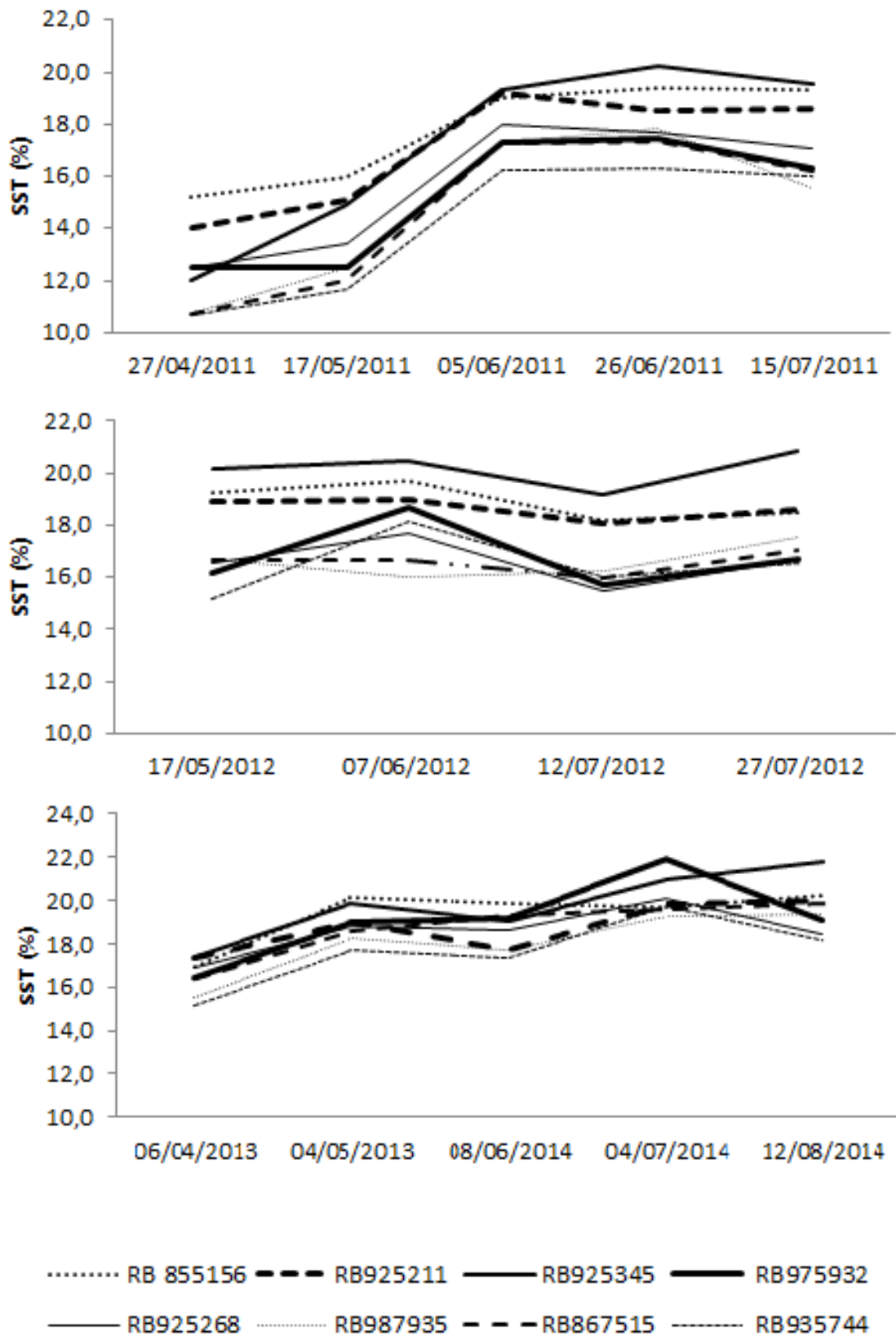


Figura 1 - Curvas de sólidos solúveis totais (SST) de genótipos de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta (a), cana soca de primeiro ano (b) e cana soca de segundo ano (c)

Nesse estudo pode-se inferir que o teor de fibra da maioria dos genótipos encontra-se na faixa de 9 a 12%, dentro da faixa descrita por Fernandes (2012), que cita que o teor de fibra nos genótipos de cana-de-açúcar varia de 9 a 14%, com a maioria dos resultados de experimentos com variedades na faixa de 10 a 12%. O genótipo RB987935 teve porcentagem de fibra inferior a 9% a partir do mês de maio até a última avaliação em cana planta, e em cana soca de primeiro ano no mês de julho juntamente com os genótipos RB925211 e RB925345 (Figura 2).

A fibra possui grande importância para a agroindústria canavieira. Segundo Lavanholi (2004), sob o aspecto agrícola, as variedades mais ricas em fibra têm maior resistência ao tombamento e são mais resistentes a penetração de pragas no colmo. E sob o ponto de vista industrial a fibra é importante para o balanço energético da indústria, pois as fibras são utilizadas para a queima nas caldeiras, abastecendo de energia a própria usina.

Os genótipos RB987935, RB975932 e RB867515 destacaram-se em produtividade em todos os ciclos (Tabela 3). Os RB935744 e RB925268 não diferiram desses em cana planta e cana soca de segundo ano ( $p > 0,05$ ). Dentre os genótipos mais produtivos apenas o RB975932 é de ciclo precoce.

O ciclo com menor produtividade foi o ciclo de cana soca de primeiro ano, onde apenas os genótipos RB867515, RB925345 e RB855156 não apresentaram diferença estatística com os demais ciclos (Tabela 3). Essa menor produtividade está associada à estiagem que ocorreu nos meses de novembro a janeiro (Tabela 2), correspondendo às fases de final de perfilhamento e alongação de colmo, fazendo com que a produtividade tivesse diminuído. Nesse aspecto, é importante salientar que os genótipos RB867515, RB925345 e RB855156 não apresentaram redução de produtividade em cana soca de primeiro ano em função da estiagem, o que pode ser atribuído a esses genótipos a característica de maior resistência à seca.

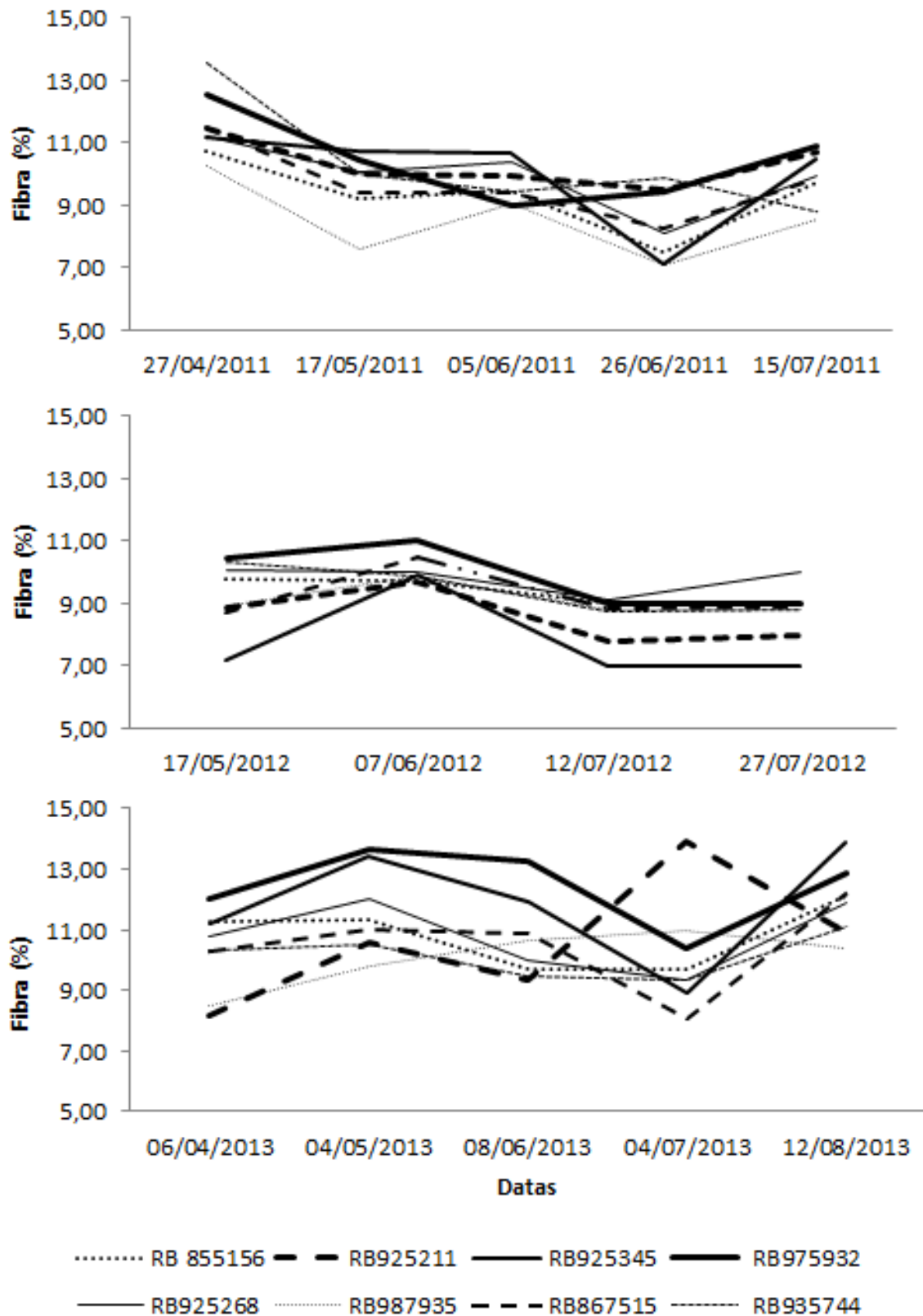


Figura 2 - Fibra (%) de genótipos de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta (a), cana soca de primeiro ano (b) e cana soca de segundo ano (c).

Tabela 3 - Produtividade de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) de genótipos de cana-de-açúcar em ciclos de cana planta, cana soca de primeiro ano e cana soca de segundo ano.

Genótipos	Cana planta	Cana soca de primeiro ano	
		ano	Cana soca de segundo ano
RB987935	106 aB	96 aB	127 aA
RB935744	105 aA	71 bB	123 aA
RB975932	102 aA	86 aB	107 aA
RB867515	99 aA	96 aA	99 aA
RB925268	98 aA	73 bB	113 aA
RB925345	84 aA	77 bA	82 bA
RB925211	73 bA	62 bB	78 bA
RB855156	53 cA	46 bA	64 bA

\*Médias seguidas por letra minúsculas diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

\*Médias seguidas por letra maiúsculas diferentes na linha diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro

Assim como trabalhos realizados em outros municípios do Rio Grande do Sul como Leal (2011) e Moraes (2012) em Jaguari, Panziera et al. (2012) em Pelotas, e Hanauer et al. (2011) também em Santa Maria, os resultados encontrados nesse trabalho evidenciam que existe grande potencial de genótipos modernos de cana-de-açúcar, com produtividades iguais e até acima da média nacional, que é de  $75,6\ t\ ha^{-1}$ , de acordo com a IBGE (2014), com exceção do genótipo RB855156 que apresentou menores produtividades.

O volume de caldo por tonelada de cana variou de 215 a 351, 221 a 493, 305 a 587, nos ciclos de cana planta, cana soca de primeiro e cana soca de segundo ano, respectivamente (Figura 3). Filho (2008) encontrou valores semelhantes, com variação de 297,62 l/ton até 591,40 l/ton e justificou essa variação pela diferença de produtividade, e que os maiores valores refletiram positivamente no rendimento de caldo.

Esse estudo confirma a hipótese de Filho (2008), visto que os genótipos de ciclo médio/tardio, RB987935, RB867515 e RB935744, se destacaram em volume de caldo em todos os ciclos e também em produtividade (Tabela 3). O ciclo de cana soca de segundo ano apresentou maior volume de caldo em relação aos demais ciclos, sendo que esse ciclo também foi o mais produtivo para a maioria dos genótipos.

O genótipo precoce RB925345 apresentou menores valores de volume de caldo, embora tenha se destacado em SST.



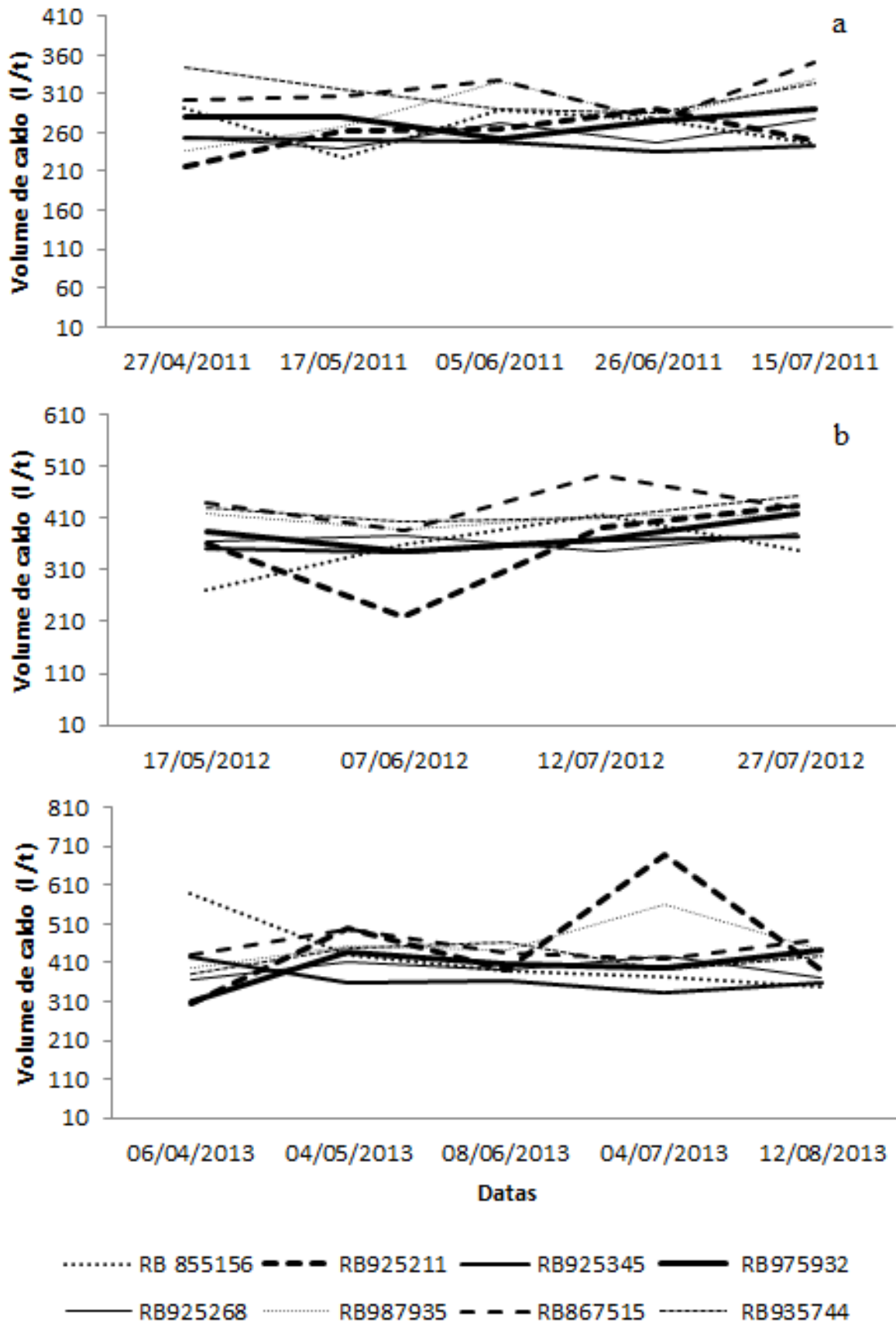


Figura 3 - Volume de caldo por tonelada de colmo (litros) de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta (a), cana soca de primeiro ano (b) e cana soca de segundo ano (c)

É importante conhecer o rendimento em caldo dos genótipos, pois com essa informação e com o valor de SST, pode-se estimar o rendimento de subprodutos da cana-de-açúcar. Segundo Crispim (2000), para cada tonelada de colmo produzida é perfeitamente possível obter 600 litros de caldo ou mostro de 20° Brix que por sua vez podem resultar em 120 litros de aguardente a 50°GL ou 60 litros de etanol.

#### 4.6 Conclusões

- Existe alto potencial produtivo para a maioria dos genótipos estudados quando cultivados em Santa Maria, RS, além de possuírem teores de SST, fibra e volume de caldo dentro de faixas desejáveis para a cultura.
- É possível selecionar genótipos produtivos e com ciclos diferentes possibilitando o aumento do período de utilização industrial.

#### 4.7 Referencias bibliográficas

AUDE, I.S. et al. Avaliação de cultivares de cana-de-açúcar em Santa Maria – RS. **Ciência Rural**, v. 24, n.3, p. 471-475, 1994.

AUDE, I.S. et al. Época de plantio e seus efeitos na produtividade e teor de sólidos solúveis no caldo da cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 22, n. 2, p. 131-137, 1992.

Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC (2004). Recomendações de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 4ª ed. Passo Fundo, SBCN-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT. p.312-314.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2012) Avaliação da safra brasileira: cana-de-açúcar. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_04\\_10\\_09\\_19\\_04\\_boletim\\_de\\_cana.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_04_10_09_19_04_boletim_de_cana.pdf) /. Acesso em: 22 junho de 2014.

CRISPIM, J. E. Manual da Produção de Aguardente de Qualidade, Livraria e Editora Agropecuária: Guaíba, 2000.

FERNANDES, A. C. Cálculos na agroindústria canavieira. Piracicaba: STAB, 416 p. 3 ed. 2012.

FILHO, A.J.T. **Produção de cana-de-açúcar e qualidade da cachaça em Morretes, PR.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. Dissertação de Mestrado.

GALDIANO, L. C. **Qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) submetida à aplicação de maturadores químicos em final de safra.** Jaboticabal: Unesp, 2008. 53 f. Dissertações de mestrado.

HANAUER, J.G. **Crescimento, desenvolvimento e produtividade de cana-de-açúcar em cultivo de cana planta e cana soca de um ano em Santa Maria, RS.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011. Dissertação de Mestrado.

LAVANHOLI, M. G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, I. L., VASCONCELOS, A. C. M., LANDELL, M. G. A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008

LEAL, L. T. **Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à inoculação de bactérias diazotróficas no Rio Grande do Sul.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011. 78f. Dissertação Mestrado.

MALUF, J. R. T. et al. Zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, visando a produção de açúcar e álcool. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 15, 2007, Aracajú. Anais XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Aracajú, 2007.

MANZATTO, C.V.et al. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55p. (Embrapa Solos. Documentos, 110).

MORAIS, K. P. **Desempenho agrônômico de cana-de-açúcar em Jaguari-RS.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 67f. Dissertação Mestrado.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, RS: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia. 1961. 43 p.

NOGUEIRA et al. **A cana-de-açúcar na região central do Rio Grande do Sul.** Santa Maria: UFSM. Colégio Politécnico da UFSM, 235 p., 2012.

PANZIERA, W. et al. Desempenho de genótipos promissores de cana-de-açúcar para o Estado do Rio Grande do Sul em ciclo de cana planta e cana soca no município de Pelotas, RS, Safras 2010/11 e 2011/12. In: Simpósio Estadual de Agroenergia, IV Reunião Técnica de Agroenergia, 2012, Porto Alegre, RS. Anais..., 2012.

SILVA, M. A. et al. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. v.18, n.3, p. 241-249, 2014.

TOPPA, E. V. B, et al. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.3, n.3, p.215-221, 2010.

VERISSIMO, M. A. A. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.561-568, 2012.

## **5 CAPITULO 3 – CORRELAÇÃO GENOTÍPICA ENTRE COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

### **5.1 Resumo**

O objetivo deste trabalho foi realizar correlações envolvendo características agronômicas em cana-de-açúcar, nos ciclos de cana planta, cana soca de primeiro e segundo ano. Foram computados os efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção – número de colmos por metro linear, diâmetro médio de colmos, comprimento de colmos, fibra e sólidos solúveis totais – sobre a produtividade de colmos por hectare. Os dados foram obtidos no delineamento em blocos casualizados com três repetições. O experimento foi realizado em Jaguari, RS, Brasil. Os tratamentos foram constituídos de oito genótipos de cana-de-açúcar: RB855156, RB925211, RB925345, RB975932, RB867515, RB935744, RB925268 e RB987935. Os genótipos RB987935, RB935744 e RB867515 estiveram entre os mais produtivos nos três ciclos de cultivo, o primeiro destacou-se em número de colmos por metro linear e os últimos em comprimento de colmo. Os coeficientes de determinação foram elevados em todas as análises de trilha, indicando que os componentes avaliados explicam grande parte da variação existente na produção de colmos. Pela análise dos efeitos diretos, o número de colmos foi o caractere que melhor se correlacionou com toneladas de cana por hectare. Isso demonstra a possibilidade de obtenção de ganhos significativos por meio da seleção indireta para toneladas de cana por hectare via número de colmos.

**Palavras-Chave:** Correlação, Seleção indireta, Componentes do rendimento, Análise de trilha.

### **GENOTYPIC CORRELATION BETWEEN COMPONENTS PRODUCTION OF SUGARCANE GENOTYPES**

## 5.2 Abstract

The aim of this study was Correlations between agronomic characteristics in cane sugar, in stages of sugarcane plant, sugarcane ratoon first and second year. Were computed the direct and indirect effects of yield components - number of stems per meter, medium stalk diameter, length of stems, fiber and total soluble solids - on sugarcane yield per hectare. Data were obtained in a randomized block design with three replications. The experiment was conducted the Jaguari, RS, Brazil. The treatments consisted of eight genotypes of sugarcane: RB855156, RB925211, RB925345, RB975932, RB867515, RB935744, RB925268 and RB987935. The RB987935 genotypes RB935744 and RB867515 were among the most productive in the three crop cycles, the first highlighted in stalk number per meter and the last length of stem. The determination coefficients were high in all path analysis, indicating that the components evaluated explain much of the variation in the production of stems. For the analysis of the direct effects, the number of stems was the character that best correlated with tons of sugarcane per hectare. This demonstrates the possibility of obtaining significant gains through indirect selection for tons of cane per hectare via number of stems.

**Key-works:** Correlation, indirect selection, yield components, Path analysis.

## 5.3 Introdução

Em função do aumento da demanda de etanol e também de açúcar, aumenta a possibilidade de expansão para o cultivo em novas áreas não tradicionais de produção da cana-de-açúcar. Nesse contexto, no estado do Rio Grande do Sul a cultura aumenta em importância, sendo necessário o estudo e a seleção de genótipos adaptados às condições edafoclimáticas do estado.

Atualmente no estado a cultura da cana-de-açúcar é responsável por contribuir de forma significativa para a economia de pequenas propriedades familiares, sendo utilizada na alimentação animal e na produção de subprodutos em agroindústrias familiares, como o açúcar mascavo, melado, cachaça, etc.

Devido à interação genótipo x local constatada por autores como, Verardi et al. (2009), Melo et al. (2006), Bastos et al. (2007), entre outros, são importantes os estudos com genótipos modernos de cana-de-açúcar nas condições edafoclimáticas para o cultivo no Rio Grande do Sul. Em vista disso, o conhecimento dos componentes do rendimento e suas correlações e interações, é um importante mecanismo na seleção de genótipos mais adaptados.

O grau de associação linear entre duas variáveis quaisquer pode ser definido pela correlação de Pearson (FERREIRA et al. 2007), indica a relação linear entre duas variáveis, e a mudança de uma implica mudança constante no valor médio de outra variável, positiva ou negativamente.

Em estudos genéticos, é indispensável distinguir e quantificar o grau de associação genética e ambiental entre os caracteres, e sendo assim, para o melhor entendimento dos fenômenos de associação entre as variáveis, o estudo da análise de trilha é indispensável no melhoramento de cana (ESPÓSITO et al., 2012).

A análise de trilha mede a relação linear direta de uma variável sobre a outra, no contexto de causa e efeito pelo desdobramento das correlações, permitindo conhecer qual a contribuição que outras variáveis exerceram dentro do efeito total (correlação) de uma variável explicativa à resposta, quando essas são analisadas conjuntamente (SILVA et al., 2011).

Considerando a necessidade de identificar genótipos promissores para o Rio Grande do Sul, o objetivo deste estudo foi realizar correlações entre os componentes de produção sobre a produtividade de colmos por hectare no município de Jaguari.

#### **5.4 Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na área experimental do Núcleo de Pesquisa Avançada do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFET), sediado na localidade do Chapadão, no município de Jaguari, RS, Brasil (29°29'S, 54°41'W) no período de julho de 2009 a julho de 2012. O clima da região é o Cfa (subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida), conforme classificação de Köppen.

Os tratamentos foram organizados no delineamento experimental blocos ao acaso, com três repetições, totalizando 24 unidades experimentais, constituindo um esquema bifatorial (genótipos e cultivos de cana planta e cana soca). Cada unidade experimental foi constituída

de uma área útil de 33,6 m<sup>2</sup> (4,2 m de largura e 8 m de comprimento). Os genótipos avaliados foram desenvolvidos pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), sendo quatro de ciclo precoce (RB 855156, RB925211, RB925345 e RB975932) e quatro de ciclo médio e tardio (RB867515, RB935744, RB925268 e RB987935). Esses oito genótipos foram provenientes da Embrapa Clima Temperado, onde foram selecionados pelo melhor desempenho a partir de 224 materiais testados em dois anos de seleção. No presente estudo os oito genótipos foram avaliados nos cultivos de cana planta (2009/2010) e cana soca de primeiro ano (2010/2011) e cana soca de segundo ano (2011/2012).

Anteriormente à implantação do experimento a área experimental recebeu uma aração, seguida de gradagem e aplicação de 3 t ha<sup>-1</sup> calcário. O plantio foi realizado em sulco, numa densidade de 18 gemas por metro linear, com espaçamento entre linhas de 1,4 m e profundidade de plantio de 20 cm. No momento do plantio (30/07/2009) foi efetuada a adubação de correção de fósforo, potássio e micronutrientes, de acordo com o resultado da análise de solo e o recomendado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004). Para isso foram aplicados 480 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 0-25-20 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR12 (4% K<sub>2</sub>O; 1,8% B; 0,8% Cu; 3% Fe; 2% Mn; 2% Mo; 9% Zn). A adubação de nitrogênio em cobertura foi realizada com uréia na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> dividida em duas aplicações. As adubações das soqueiras foram realizadas em setembro com a aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de KCl e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e a adubação nitrogenada em cobertura foi a mesma utilizada em cana planta.

O controle de plantas daninhas no início do ciclo da cultura foi realizado com capina manual, e no decorrer do ciclo, sempre que necessário, foram aplicados na entrelinha da cultura os herbicidas Gramoxone e 2,4 D. O controle da broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) foi realizado através do controle biológico com a “vespinha” *Cotesia flavipes*.

A colheita da cana planta foi realizada em 30 de julho de 2010. A brotação da soqueira ocorreu em setembro de 2010 e a colheita da cana soca em julho de 2011. Nos dois cultivos, a colheita das plantas das parcelas foi realizada manualmente, efetuando-se um corte na base dos colmos, de toda a linha central da parcela (5 m), sendo posteriormente mensurados em balança de capacidade para 100 kg instalada em um tripé, para a avaliação de produtividade de colmos comerciais. No momento da colheita também foram avaliados os seguintes atributos dos colmos: a) diâmetro de colmo (DC) – medido com o auxílio de um paquímetro, no terço inferior de dez colmos por bloco; b) comprimento de colmo (CC) – medido pelo comprimento entre o ponto de corte e o ponto de quebra do palmito de dez colmos por bloco;



c) número de colmos (NC/metro) – obtido pela contagem de colmos industrializáveis por metro linear.

As análises qualitativas realizadas foram teor de sólidos solúveis totais (SST) e fibra. Essas variáveis determinadas por espectroscopia no infravermelho próximo (modelo NIR FLEX N500, BÜCHI). Os colmos foram aleatoriamente escolhidos no momento da colheita, sendo cortados e partidos ao meio um entre-nó de cada colmo, os quais foram utilizados para a realização das avaliações.

Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise de variância individual e conjunta, segundo o delineamento de blocos ao acaso. O teste F a 5% de probabilidade foi utilizado para testar as hipóteses dos efeitos principais e da interação genótipos x ciclo de cultivo (L x E). O efeito dos genótipos foi considerado fixo e os demais (bloco, ciclo e interação L x E), aleatórios. A homogeneidade das variâncias residuais foi verificada pelo teste F máximo de Hartley (CRUZ; REGAZZI, 1997). A comparação das médias entre os tratamentos foi realizada pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A multicolinearidade foi considerada moderada, sendo assim as variáveis não apresentam correlação severa entre elas. A análise de correlação linear de Pearson foi realizada entre as variáveis analisadas. A significância do coeficiente de correlação linear foi verificada por meio do teste t de Student, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio da planilha eletrônica Office Excel e do software Genes (CRUZ, 2006).

## **5.5 Resultados e Discussão**

A variância do erro experimental das três épocas de cultivo foi homogênea (valor de  $p \leq 0,05$ ), pelo teste F máximo de Hartley (Fm), possibilitando a realização da análise da variância conjunta dos dados.

Na análise de variância conjunta observou-se interação genótipos x ciclo significativo para os caracteres NC/metro e PROD (Tabela 1). Portanto os genótipos de cana-de-açúcar apresentaram resposta diferenciada em função da variação de ciclo de cultivo (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise de variância conjunta dos caracteres número de colmos (NC/metro), diâmetro de colmo (DC), comprimento de colmo (CC), sólidos solúveis total (SST), fibra (F) e produtividade de colmos (PROD, t ha<sup>-1</sup>) de genótipos de cana-de-açúcar avaliados em cultivo de cana planta (2009/2010), cana soca de primeiro ano (2010/2011) e cana soca de segundo ano (2011/2012), em Jaguari, RS.

Fonte de	Quadrado médio												
	GL	NC		DC		CC		SST		F		PROD	
Genótipos (L)	7	14,93	ns	0,27	ns	2598,89	*	15,48	*	3,49	ns	1330,68	*
Ciclo (E)	2	11,62	ns	1,18	ns	10336,26	*	113,17	*	30,62	*	7105,61	*
L x E	14	9,40	*	0,25	ns	522,64	ns	3,24	ns	3,32	ns	308,87	*
Bloco/Local	4	2,45		0,38		17,73		4,99		3,60		14,74	
Erro	42	2,32		0,17		314,04		5,10		3,20		72,02	
Média		12,65		2,34		186,11		20,40		10,37		99,86	
C.V.(%)		12,04		13,97		9,52		11,07		17,25		8,50	

\* Significativo pelo teste F (valor de p= 0,05); ns = não significativo; C.V.% = Coeficiente de variação.

A interação genótipos x ciclo de cultivo com significância para a produtividade de colmos também foi observada por Landell et al. (1999), Melo et al. (2006), Souza et al. (2012), e para número de colmos por Landell et al., (1999) e Neto et al. (2013), que não encontraram interação genótipos x ciclo com significância para fibra e SST, assim como neste estudo.

Efeito significativo para genótipos foi observado para o comprimento de colmos, sólidos solúveis totais e produtividade, demonstrando que há variabilidade genética para esses caracteres (Tabela 1). Os caracteres comprimento de colmo, sólidos solúveis totais e produtividade também apresentaram efeito significativo para ciclos de cultivo, além do teor de fibra. Santos et al. (2004), também encontraram efeito significativo para genótipos e a produtividade nos ciclos de cultivo para os caracteres fibra e produtividade.

A realização do teste Skott-Knott utiliza a razão de verossimilhança para testar a significância de que os tratamentos podem ser divididos em grupos que maximizem a soma de quadrados entre grupos (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2000).

Os genótipos RB987935, RB935744 e RB867515 estiveram entre os mais produtivos nos três ciclos de cultivo, e o genótipo RB925268 não apresentou diferença estatística nos dois ciclos de cana soca enquanto que os genótipos RB925345 e RB855156 não apresentaram diferença estatística em cana soca de primeiro ano (Tabela 2). A menor produtividade da cana

soca de segundo ano pode ser atribuída à ocorrência do fenômeno La Niña, que no Rio Grande do Sul provoca redução das precipitações, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Tabela 2 - Médias\* dos caracteres produtividade de colmos/hectare, número de colmos/metro linear, diâmetro de colmo (cm) e fibra (%) de genótipos de cana-de-açúcar avaliadas em cultivo de cana planta (2009/2010), cana soca de primeiro ano (2010/2011) e cana soca de segundo ano (2011/2012), em Jaguari, RS.

Genótipos	Ciclo	Cana planta    Cana soca de primeiro ano    Cana soca de segundo ano		
		Produtividade de colmos/hectare		
RB987935	M/T	118,15 a	134,34 a	99,20 a
RB935744	M/T	114,88 a	115,51 a	101,94 a
RB867515	M/T	110,19 a	125,95 a	96,19 a
RB925345	P	92,92 b	122,24 a	70,71 b
RB975932	P	92,02 b	92,44 c	62,62 b
RB925268	M/T	86,93 b	115,66 a	96,88 a
RB925211	P	84,88 b	108,04 b	71,15 b
RB 855156	P	81,19 b	130,36 a	72,26 b
Número de colmos/metro linear				
RB987935	M/T	14,39 a	13,39 a	17,08 a
RB935744	M/T	12,14 b	13,69 a	12,42 b
RB867515	M/T	12,89 b	9,56 a	10,89 b
RB925345	P	14,57 a	12,45 a	10,10 b
RB975932	P	12,52 b	10,81 a	9,33 b
RB925268	M/T	13,22 b	12,64 a	14,5 a
RB925211	P	16,07 a	12,22 a	10,55 b
RB 855156	P	11,70 b	12,15 a	14,44 a
Diâmetro de colmo (cm)				
RB987935	M/T	2,85 a	2,92 a	2,95 a
RB935744	M/T	3,01 a	2,84 a	3,18 a
RB867515	M/T	2,70 a	3,49 a	3,43 a
RB925345	P	2,38 a	2,81 a	2,62 a
RB975932	P	2,52 a	3,20 a	2,68 a
RB925268	M/T	3,02 a	3,23 a	3,28 a
RB925211	P	2,57 a	3,00 a	3,99 a
RB 855156	P	2,43 a	2,79 a	2,63 a
Fibra (%)				
RB987935	M/T	10,85 a	12,31 a	10,3 a
RB935744	M/T	10,32 a	11,42 a	11,25 a
RB867515	M/T	9,93 a	10,31 a	9,93 a
RB925345	P	10,21 a	12,29 a	10,38 a
RB975932	P	7,03 a	12,54 a	9,54 a
RB925268	M/T	9,71 a	11,93 a	7,95 a
RB925211	P	8,24 a	10,18 a	10,53 a
RB 855156	P	9,81 a	12,23 a	9,68 a

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo, pelo teste de Scott-Knott (valor de  $p=0,05$ ).

A média da produtividade neste estudo foi de 99,86 T ha<sup>-1</sup> (Tabela 1), acima da média nacional na safra 2012/2013 que foi de 75,6,4 t/ ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2014).

O número de colmos por metro linear foi superior no genótipo RB987935 em todos os ciclos de cultivo. Em cana planta os genótipos RB925345 e RB925211 não apresentaram diferença estatística do RB987935 e em cana soca de segundo ano não diferiram desse RB925268 e RB855156. Em cana soca de primeiro ano os genótipos não apresentaram diferença estatística entre si (Tabela 2).

As variáveis diâmetro de colmo (cm) e fibra (%) não apresentaram diferença estatística entre os genótipos (Tabela 2), os resultados vão de acordo com Silva et al. (2011), que não encontraram diferença nessas variáveis ao avaliarem dezoito genótipos em Pernambuco.

O efeito da interação foi não significativo entre genótipos e ciclo de cultivo, nas variáveis comprimento de colmo e nos sólidos solúveis totais, sendo assim realizado o teste de média com base na análise conjunta. Os genótipos RB935744, RB867515, RB925345 e RB975932 foram superiores em comprimento de colmo (Tabela 3). Os valores de comprimento de colmo são superiores aos encontrados por Nogueira et al. (2012), para outros onze genótipos em Santa Maria, RS.

Tabela 3 - Médias\* dos caracteres comprimento de colmo e sólidos solúveis totais de genótipos de cana-de-açúcar avaliadas em cultivo de cana planta (2009/2010), cana soca de primeiro ano (2010/2011) e cana soca de segundo ano (2011/2012), em Jaguari, RS.

Genótipos	Ciclo	Comprimento de colmo (cm)	Sólidos solúveis totais
RB987935	M/T	172,46 b	20,44 a
RB935744	M/T	195,35 a	18,80 a
RB867515	M/T	208,70 a	19,14 a
RB925345	P	198,22 a	20,80 a
RB975932	P	199,57 a	18,91 a
RB925268	M/T	175,07 b	21,21 a
RB925211	P	181,00 b	21,83 a
RB 855156	P	158,48 b	22,09 a

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo, pelo teste de Scott-Knott (valor de p= 0,05).

A variável sólidos solúveis totais não variou estatisticamente entre os genótipos avaliados (Tabela 3). Almeida (1994), constatou que os sólidos solúveis totais mesmo sendo pouco variável, apresentaram-se úteis para a caracterização dos cultivares estudados. Também Dutra Filho et al. (2011), avaliando progênes de cana-de-açúcar não encontrou diferença significativa nos sólidos solúveis totais.

Os coeficientes de Pearson variaram de -0,9302 (comprimento de colmo e sólidos solúveis totais) a 0,9415 (número de colmos por metro linear e produtividade) (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficientes de correlação genotípica de Pearson entre os caracteres número de colmos (NCOLM), comprimento de colmo (COMP), sólidos solúveis total (SST), Fibra % (F) e produtividade de colmos (PROD, t ha<sup>-1</sup>) em genótipos de cana-de-açúcar avaliados em ciclo de cana planta (2009/2010), cana soca de primeiro ano (2010/2011) e cana soca de segundo ano (2011/2012), em Jaguari, RS.

	<b>NCOLM</b>	<b>COMP</b>	<b>SST</b>	<b>F</b>	<b>PROD</b>
<b>DIAM</b>	-0,9205 *	0,1775	0,1299	-0,0594	-0,9079 *
<b>NCOM</b>	.	-0,4144	0,1351	0,1136	0,9415 **
<b>COMP</b>	.	.	-0,9302 **	-0,5112	-0,1978
<b>SST</b>	.	.	.	0,3112	-0,1236
<b>FIBRA</b>	.	.	.	.	0,2082

\*\*, \*: Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t

A produtividade apresentou correlação linear positiva classificada como alta, com o número de colmos por metro linear ( $r = 0,9415$ ). Silva et al. (2011), relataram que o número de colmo é um caractere secundário que influencia fortemente na tonelada de colmo por hectare. Ferreira et al. (2007), assim como neste estudo, encontraram correlação linear positiva entre o número de colmos por metro linear e a produtividade.

O caractere diâmetro de colmo apresentou elevada correlação linear negativa com a produtividade ( $r = -0,9079$ ), ou seja, os genótipos com menor diâmetro de colmo apresentam maior produtividade (Tabela 4). Isso pode ser explicado pela alta correlação da produtividade com o número de colmos, visto que esse caractere possui correlação negativa com o diâmetro de colmo ( $r = -0,9205$ ), o crescimento em diâmetro é diminuído em detrimento ao aumento no número de colmos. Em virtude das altas correlações negativas observadas entre o número de colmos e o diâmetro de colmo, sugere-se que os programas de melhoramento realizem seleções simultâneas para essas duas variáveis quando se deseja melhorá-las

concomitantemente (FERREIRA et al., 2007). O resultado do presente estudo sugere que para selecionar genótipos de cana-de-açúcar com maior produtividade a seleção pode ser realizada com base nos caracteres correlacionados, sendo assim plantas com menor diâmetro de colmo e com maior número de colmos deverão apresentar maior produtividade.

Correlação negativa também foi encontrada entre o comprimento de colmo e o teor de sólidos solúveis totais. Tal fato está associado ao maior desenvolvimento vegetativo, principalmente dos genótipos tardios que foram mais produtivos, ocorrendo um detrimento do acúmulo de sacarose, implicando em consequências negativas ao processo de maturação, conforme descrito por Rodrigues (1995), reduzindo assim os sólidos solúveis totais.

Com base no resultado da análise de trilha, considerando a matriz genotípica, que melhor demonstra o potencial genético dos genótipos avaliados, pois exclui a influencia do ambiente. O valor de correlação total entre número de colmos e a produtividade foi de 0,6867 (Tabela 4). Esse valor é considerado alto, podendo afirmar que o número de colmos apresenta efeito direto positivo sobre a produtividade. Ferreira et al. (2007), também observaram efeitos diretos de alta magnitude do número de colmos sobre a produtividade, sugerindo a seleção de genótipos com maior número de colmos objetivando plantas mais produtivas.

Tabela 5 - Análise de trilha genotípica dos componentes de produção número de colmos (NCOLM), comprimento de colmo (COMP), sólidos solúveis totais (SST), fibra % (F) e produtividade de colmos (PROD, t ha<sup>-1</sup>) em genótipos de cana-de-açúcar avaliados em ciclo de cana planta (2009/2010), cana soca de primeiro ano (2010/2011) e cana soca de segundo ano (2011/2012), em Jaguari, RS

Variáveis	Análise de trilha genotípica
Número de colmos/metro linear	
Efeito direto sobre a PROD	0,8972
Efeito indireto via DIAM	0,0719
Efeito indireto via COMP	-2,2408
Efeito indireto via SST	1,0011
Efeito indireto via F	0,9603
Total	0.6897
Diâmetro de colmo	
Efeito direto sobre a PROD	0,1074
Efeito indireto via NCOLM	0,6004
Efeito indireto via COMP	0,5954
Efeito indireto via SST	-0,0413
Efeito indireto via F	-0,9432
Total	0,3187
Comprimento de colmo	
Efeito direto sobre a PROD	2,0812
Efeito indireto via NCOLM	-0,9660
Efeito indireto via DIAM	0,0307
Efeito indireto via SST	-1,1269
Efeito indireto via F	-0,2138
Total	-0,1948
Sólidos solúveis totais	
Efeito direto sobre a PROD	1,1124
Efeito indireto via NCOLM	0,8084
Efeito indireto via DIAM	-0,0040
Efeito indireto via COMP	-2,1083
Efeito indireto via F	-0,0376
Total	-0,2291
Fibra	
Efeito direto sobre a PROD	0,1828
Efeito indireto via NCOLM	0,9060
Efeito indireto via DIAM	-0,5222
Efeito indireto via COMP	-0,9709
Efeito indireto via SST	-0,1647
Total	-0,5690
Coefficiente de determinação	1,000



A variável diâmetro de colmo apresentou efeito direto pequeno sobre a produtividade, mas o efeito indireto genotípico negativo do diâmetro de colmo via fibra foi alto.

O comprimento de colmo apresentou alto efeito direto positivo com a produtividade, e negativo indireto com o número de colmos, sólidos solúveis totais e fibra (Tabela 4). O efeito indireto negativo com os sólidos solúveis totais mostra que a seleção de genótipos para a produtividade apenas com base no comprimento de colmo não é adequada, pois, conforme o relatado por Bressiani et al. (2001), os componentes envolvidos na tonelagem de açúcar são a produtividade e o teor de açúcar do colmo, que é estimada pelo teor de sólidos solúveis totais.

Os caracteres qualitativos sólidos solúveis totais e fibra apresentaram efeito direto positivo sobre a produtividade e indireto positivo com o número de colmos. Porém esses caracteres possuem correlação indireta negativa com o diâmetro e o comprimento de colmo, evidenciando que o melhor caráter para a seleção de genótipos é o número de colmos, em vista que, além da produtividade, o melhoramento também busca melhorar as características qualitativas e industriais.

O coeficiente de determinação foi elevado na análise de trilha indicando que os componentes avaliados explicam a variação existente na produção de colmos (Tabela 5).

O rendimento de cana constitui uma característica complexa influenciada por vários caracteres, sendo a análise de trilha uma importante estatística na ajuda quanto à identificação dos componentes de grande efeito (ESPÓSITO et al., 2012). Assim, o caráter número de colmos, de fácil mensuração, foi o componente que apresentou maior contribuição para a produção de cana-de-açúcar, com possibilidade de obtenção de ganhos significativos por meio da seleção indireta para produtividade de colmo via número de colmos por metro linear.

## **5.6 Conclusões**

A variável número de colmos foi o componente que apresentou maior contribuição para a produtividade de colmos por hectare nas correlações, com possibilidade de ganhos significativos por meio de seleção indireta para produtividade de colmos via número de colmos por metro linear.

## 5.7 Referencias Bibliográficas

ALMEIDA, M., CRÓCOMO, O. J. Caracterização bioquímica de cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.): isoenzimas, proteína solúvel e valor brix. **Scientia agrícola**. Piracicaba, v.51, n.3, 1994.

ALMEIDA, A. C. S. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência. agrotecnologia**. [online]. 2008, vol.32, n.5, pp. 1441-1448. ISSN 1413-7054.

BASTOS, I. T. et al. Interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. V.37, n.4, p. 195-203, 2007.

CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, A.T. O melhoramento genético de cana-de-açúcar no Brasil e o desafio das mudanças climáticas globais. *Gestão & Conexões - Management and Connections Journal*, Vitória, v. 2, n. 1, p. 22-46, 2013.

ESPÓSITO et al. Análise de trilha usando valores fenotípicos e genotípicos para componentes do rendimento na seleção de famílias de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2012.

BRESSIANI, J. A. **Seleção sequencial em cana-de-açúcar**. Escola superior de agricultura Luis de Queiroz. Universidade de São Paulo. São Paulo. Tese (doutorado em genética e melhoramento de plantas). 2001, 134 p.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: biometria**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 382p.

DUTRA FILHO, J. A. et al. Aplicação de técnicas multivariadas no estudo da divergência genética em cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 185-192, 2011.

FERREIRA, F. M. et al. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.605-610, 2007.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em:  
[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201301.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201301.pdf).  
 Acesso em: 20 de out. 2014.

LANDELL, M. G. A. et al. Avaliação final de genótipos IAC de cana-de-açúcar da série 1982, em Latossolo Roxo da Região de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n.2, p.1-13, 1999.

MELO, Luiz José Oliveira Tavares de et al. Interação genótipo x ciclos de colheita de cana-de-açúcar da Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Bragantia** [online]. 2006, vol.65, n.2, pp. 197-205. ISSN 1678-4499.

NETO, J.F.L. et al. Avaliação agroindustrial e parâmetros genéticos de genótipos UFRPE de cana-de-açúcar no litoral norte de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 18, n. 1, p. 8-13, 2013.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. Experimentação em genética e melhoramento de plantas. Lavras: UFLA, p. 87-134, 2000

RODRIGUES, D. J. Fisiologia da cana-de-açúcar. Botucatu: Unesp. **Caderno didático**. 1995.

SANTOS M. S. M. et al. Repetitividade de características agroindustriais em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.301-306, 2004.

SILVA, G. C. et al. Divergência genética entre genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 52-58, 2011.

SILVA, F. L. Análise de trilha para os componentes de produção de cana-de-açúcar via blup. **Revista Ceres**. v.56, n.3, p. 308-314, 2009.

SOUZA, P. H. N. et al. Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar para início de safra na Microrregião Centro de Pernambuco **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.5, p. 677-683, , 2012.

VERARDI, C.K. et al. Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1277-1282, 2009.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo foram avaliados oito genótipos de cana-de-açúcar (quatro de ciclo precoce e quatro de ciclo médio/tardio) da RIDESA com o objetivo de selecionar aqueles com maior potencial para o cultivo na Depressão Central do Rio Grande do Sul (RS). Para isso foram realizadas avaliações de 2009 a 2013 nos municípios de Jaguari, RS e Santa Maria,RS.

Os valores de temperatura base encontrados possibilitam o cultivo da cana-de-açúcar na Depressão Central do Rio Grande do Sul (RS), sendo comparado com os valores das normais climatológicas. Os valores de temperatura base encontrados para cada genótipo em cana planta e cana soca respectivamente foram: RB855156, 11,3 e 10,8 °C, RB925211, 10,9 e 10,1 °C, RB925345, 12,8 e 9,7 °C, RB975932, 9,8 e 9,6 °C, RB867515, 9,5 e 7,4 °C, RB935744, 10,2 e 7,9 °C, RB925268 7,5 e 10,1 °C, RB987935 9,8 e 9,5°C.

Os genótipos RB975932, RB987935 e RB867515 apresentaram maiores produtividades em todos os ciclos de cultivo, em Santa Maria e os dois últimos também se destacaram em Jaguari. A produtividade de colmos foi superior à média nacional, com exceção do genótipo RB855156 que apresentou menor produtividade em Santa Maria, porém apresentou maior produtividade em Jaguari.

O genótipo RB855156 foi o que se destacou em precocidade em todos os ciclos, e também está entre os genótipos com maior teor de sólidos solúveis totais, juntamente com o RB925345 e RB925211. O teor de fibra teve a maioria dos valores na faixa de 9 a 12%.

A variável número de colmos/metro foi a que apresentou maior correlação com a produtividade de colmos considerando correlações fenotípicas e genotípicas, sendo importante sua avaliação para a seleção de maneira indireta de genótipos mais produtivos.

Os resultados obtidos nesse trabalho de tese mostraram ser possível o cultivo de cana-de-açúcar na Depressão Central do RS, com elevados níveis de produtividade e qualidade de colmos, semelhantes ou até superiores aos observados em regiões produtoras tradicionais do Brasil. O presente trabalho reforça a importância da seleção de genótipos de alto potencial e adaptados as condições edafoclimáticas para o sucesso da expansão da cultura da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul.

## REFERÊNCIAS

AGUIRRE JUNIOR, J. M. de. **Criação de novas variedades de cana-de-açúcar no estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1936. P. 64 (Boletim Técnico).

ALMEIDA, S. I ; GALVANI, E. Clima e produtividade da cultura da cana-de-açúcar na microrregião de Campo Mourão, PR, sul do Brasil. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, 2010, Coimbra. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, 2010. p. 1-12.

AUDE, I, S. et al. Avaliação de cultivares de cana-de-açúcar em Santa Maria – RS. **Ciência Rural**, v. 24, n.3, p. 471-475, 1994.

AUDE, I.S. et al. Época de plantio e seus efeitos na produtividade e teor de sólidos solúveis no caldo da cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 22, n. 2, p. 131-137, 1992.

AUDE, M.I.S.; MARCHEZAN, P.L.; DARIVA, T.; PIGNATARO, L.H.B. Manejo do palhço da cana-de-açúcar: efeito na produção de colmos industrializáveis e outras características agrônômicas. **Ciência Rural**, v.23, p.281-286, 1993.

BARBIERI, V. e VILLA NOVA, N.A. Climatologia e a cana-de-açúcar. In: CURSO INTENSIVO SOBRE CANA-DE-AÇÚCAR, Araras, Araras, IAA/PLANALSUCAR, P. 1-100, 1981.

BARBIERI, V.; BACCHI, O.O.S.; VILLA NOVA, N.A. Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Mossoró, Anais. Mossoró, p. 192-7, 1979.

BARBIERI, V.; SILVA, F.C. da Adequação do método da zona agroecológica (FAO) para estimativa do acúmulo mensal potencial de matéria seca da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e da produtividade agrícola para diferentes condições climáticas. ANAIS. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 02 a 05 de Julho de 2007. Aracaju – SE. (CD-ROM).

BRUNINI, O. Ambientes Climático e a exploração agrícola da cultura da cana-de-açúcar no Brasil). In: DINARDO-MIRANDA, I. L., VASCONCELOS, A. C. M., LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008.

CANAL, I.N., MATZENBACHER, R.S. Avaliação de cultivares de cana-de-açúcar. Trigo e soja, Porto Alegre, n.83. p.3-6. 1986.

CASAGRANDE, A.A.; VASCONCELOS. Fisiologia da parte aérea. In: DINARDO-MIRANDA, I. L., VASCONCELOS, A. C. M., LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008.

CONSECANA. Regulamento dos negócios de compra e venda de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: manual de instruções. Piracicaba, 1998. 16p. Apostila.

DILLEWIJN, C. **Botany of sugar cane**. Walthen: Chronica Botanica, 1952. p.136-141. 359p. Estado de São Paulo: manual de instruções. Piracicaba, 1998. 16p. Apostila.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria canavieira**. Piracicaba: STAB, 416 p. 3 ed. 2012.

FERNANDES, A. C. Refratômetro de campo. Boletim Técnico Copersucar, São Paulo, v. 19, p. 5-12, 1982.

FERNANDES, A. C.; BENDA, G. T. A. Distribution patterns of Brix and fibre in the primary stalk of sugar cane. Sugar Cane, v. 5, p. 8-13, 1985.

FIGUEIREDO, P. Breve história as cana-de-açúcar e do papel do Instituto agrônômico no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, I. L., VASCONCELOS, A. C. M., LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008.

GALDIANO, L. C. Qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) submetida à aplicação de maturadores químicos em final de safra. Jaboticabal: Unesp, 2008. 53 f. Dissertação de mestrado.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (Ed.). *Crop-water relations*. New York: Wiley-Interscience, 1983. p. 445-479.

GOMES, B. H. et al. Associação das variações meteorológicas com o florescimento da cana-de-açúcar em alagoas – um estudo de caso. Congresso brasileiro de Meteorologia. Fortaleza, 2004

IRVINE, J. C. Madison, *Saccharum species as horticultural classes*. **Theoretical applied genetics**, v. 98, p. 186-194, Madison.

LAVANHOLI, M. G.D.P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de álcool e açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, I. L., VASCONCELOS, A. C. M., LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008.

LEAL, L, T. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à inoculação de bactérias diazotróficas no Rio Grande do Sul. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011. 78f. Dissertação Mestrado.

MACHADO, R.S.; RAMOS, R.A.; MACHADO, D.F.S.P.; RIBEIRO, R.V; MACHADO, E.C. Fotossíntese e conteúdo foliar de carboidratos em cana-de-açúcar. In: **Simpósio Brasileiro sobre ecofisiologia, maturação e maturadores em cana-de-açúcar**, 2008, Botucatu: UNESP/FCA, 2008, p. 11-15.

MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Portaria 332/2009. Disponível em:  
<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1476624297>. Acesso em: 30 de outubro de 2014

MORAIS, K. P. Desempenho agrônômico de cana-de-açúcar em Jaguari-RS. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 67f. Dissertação Mestrado.

NOGUEIRA et al. **A cana-de-açúcar na região central do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM. Colegio Politecnico da UFSM, 235 p., 2012.

ROACH, B.T.; DANIELS, J. A review of the origin and and improvement of sugarcane. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WOORSHOP, 1987. Piracicaba: Copersucar, p. 1-31, 1987.

SINCLAIR, T. R. et al. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**. v.88, p.171-178, 2004.

SOARES, F. U. **Estudo do potencial climático para cana-de-açúcar (*Sacharum ssp.*) no Rio Grande do Sul por meio de geoprocessamento: estudo de caso no município de Jaguari**. Santa Maria: UFSM, 2008. 75f. Dissertação de Mestrado.

SUGARCANE, 2010. Disponível em: [www.sugarcane crops.com/](http://www.sugarcane crops.com/) acesso em 20 de dezembro de 2010.

VAN DILLEWIJN, C. Botany of sugarcane. **Waltham: Ckonica Botanica Co.**, 1952.

VERISSIMO, M. A. A. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.561-568, 2012.

VIAN, C. E F. Qualidade de matéria-prima. Agencia Embrapa de informação tecnológica. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_138\\_22122006154842.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_138_22122006154842.html). Acesso em: 31 de outubro de 2014.

VILLA NOVA, N. A.; CARRETEIRO, M. V.; SCARDUA, R. Um modelo de avaliação do crescimento de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) em termos da ação combinada do fotoperíodo e da temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1983, Campinas. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1983. p.31-48.