



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

ROSE MARI SELEDES

**POTENCIAL GENÉTICO DE VARIEDADES LOCAIS DE MILHO  
DOCE DO EXTREMO OESTE DE SANTA CATARINA E DE  
POPULAÇÕES DERIVADAS PARA ATRIBUTOS DE QUALIDADE  
QUÍMICA DOS GRÃOS**

**Florianópolis, 2020**

**ROSE MARI SELEDES**

**POTENCIAL GENÉTICO DE VARIEDADES LOCAIS DE MILHO  
DOCE DO EXTREMO OESTE DE SANTA CATARINA E DE  
POPULAÇÕES DERIVADAS PARA ATRIBUTOS DE QUALIDADE  
QUÍMICA DOS GRÃOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina em para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Juliana Bernardi Ogliari

**Florianópolis, dezembro de 2020**

**Santa Catarina - Brasil**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Seledes, Rose Mari

POTENCIAL GENÉTICO DE VARIEDADES LOCAIS DE MILHO DOCE DO EXTREMO OESTE DE SANTA CATARINA E DE POPULAÇÕES DERIVADAS PARA ATRIBUTOS DE QUALIDADE QUÍMICA DOS GRÃOS / Rose Mari Seledes ; orientadora, Juliana Bernardi Ogliari, 2020.  
120 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Recursos genéticos vegetais. 3. Milho doce. 4. Indicação geográfica. 5. Melhoramento genético. I. Ogliari, Juliana Bernardi. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. III. Título.

Rose Mari Seledes

**POTENCIAL GENÉTICO DE VARIEDADES LOCAIS DE MILHO DOCE DO  
EXTREMO OESTE DE SANTA CATARINA E DE POPULAÇÕES DERIVADAS  
PARA ATRIBUTOS DE QUALIDADE QUÍMICA DOS GRÃOS**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Messias Gonzaga Pereira

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - CCTA.

Dr. Hamilton Justino Vieira

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI.

Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis

Universidade Federal de Santa Catarina – CCA.

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ciências no Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

---

Prof. Dr. Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana Bernardi Ogliari

Orientadora

Florianópolis, dezembro de 2020

## AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina, por contribuir para meu crescimento pessoal e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante os anos de mestrado.

À minha orientadora professora Juliana Bernardi Ogliari, pelos ensinamentos desde a graduação, da iniciação científica até a pós-graduação. Agradeço pela oportunidade de fazer a pós-graduação, pela orientação no desenvolvimento desta pesquisa e por contribuir para a minha formação intelectual.

À minha amiga Rosenilda de Souza, pelo apoio desde a iniciação científica até o mestrado, pelos ensinamentos, pelo trabalho de campo em Anchieta e Guaraciaba/SC que geraram o material de estudo para minha pesquisa e por toda ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade: Francisco, Otavio, Wagner, Rosenilda, Linda, Jorge, pelo companheirismo e apoio em todos os momentos de necessidade.

À equipe da Fazenda Experimental da Ressacada pelo suporte técnico nos experimentos conduzidos na Fazenda.

Aos professores e pesquisadores Maurício Sedrez dos Reis, Messias Gonzaga Pereira e Shirley Kuhnen, pelas contribuições na construção desta pesquisa, na ocasião da defesa do projeto.

Aos professores da Universidade Federal de Santa Catarina e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, pelo ensino de qualidade e dedicação.

À minha família, especialmente ao meu marido Felipe, ao meu pai Antonio, à minha mãe Walli e às minhas irmãs Regiane e Roseclea, pelo apoio durante todos estes anos de dedicação à graduação e pós-graduação.

**Muito obrigada!**

## RESUMO

O milho doce é um tipo especial de milho, com alta concentração de açúcares nos grãos. No Brasil é pouco difundido devido à baixa disponibilidade de sementes e de cultivares adaptadas às condições de ambiente tropical. Variedades locais desse tipo de milho são cultivadas no Extremo Oeste de Santa Catarina (EOSC), embora encontram-se em constante ameaça de erosão genética. A Indicação Geográfica (IG) e o Melhoramento Genético Participativo (MGP) são estratégias de valorização de produtos e sementes locais e podem estimular a conservação *in situ*-on farm deste recurso genético. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial genético das variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC e de populações derivadas para atributos de qualidade química dos grãos, visando gerar subsídios científicos para IG e MGP. Para tanto, foram obtidas amostras de grãos em estágio de grão leitoso de nove variedades de milho doce *sugary1*, a partir de quatro experimentos conduzidos em duas microrregiões do estado de Santa Catarina, e de 15 híbridos intervarietais F1's e seus genitores, a partir de dois experimentos conduzidos no EOSC. As amostras de milho verde foram analisadas quanto à porcentagem de açúcares solúveis totais e de amido na matéria seca dos grãos. A pesquisa foi dividida em dois capítulos. O primeiro capítulo foi dedicado ao estudo da interação genótipo x ambiente de nove variedades de milho doce *sugary1* - sete variedades locais do EOSC e duas testemunhas - em quatro locais - três no EOSC, nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, e um no Litoral catarinense, no município de Florianópolis. Neste capítulo foi observado o elevado potencial das variedades locais de milho doce *sugary1* para a porcentagem de açúcares solúveis totais e relação entre açúcares solúveis totais e amido dos grãos. Os ambientes em que as variedades foram cultivadas influenciaram na expressão destas características, sendo que as variedades locais apresentaram os melhores resultados quando cultivadas no EOSC. As variedades locais apresentaram adaptação geral, no entanto seu comportamento médio para as características avaliadas é mais estável na região de origem. Estes resultados indicam que a qualidade química dos grãos das VL's de milho doce *sugary1* do EOSC se deve, essencialmente, ao meio geográfico. Tais resultados comprovam uma dependência desta característica do produto do "saber fazer" na seleção das sementes pelos atores locais e do ambiente do microcentro de diversidade de *Zea mays* L. do EOSC, podendo resultar numa IG na modalidade Denominação de Origem. O segundo capítulo foi dedicado ao estudo dialélico de seis variedades de milho doce *sugary1* e 15 híbridos intervarietais F1's em dois experimentos conduzidos no EOSC, nos municípios de Anchieta e Guaraciaba. Os resultados da análise dialélica individual e conjunta apontaram diferenças

significativas pelo teste F ( $p \leq 0,5$ ) para os genótipos e para as estimativas dos efeitos da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação e evidenciaram efeitos não significativos da interação CGC x local e CEC x local. A ocorrência de estimativas significativas de CGC e CEC comprova a existência de variabilidade genética associada aos efeitos gênicos aditivos e não aditivos, que permitem o uso de estratégias de seleção intrapopulacional e interpopulacionais. As variedades 2255A e 2276A apresentam maiores estimativas de CGC. Destacaram-se os híbridos intervarietais F1's 2255A x 319A, 2255A x 2029A, 2255A x 2276A, Doce Cubano x 2276A, 2276A x 2029A e 2255A x 741B quanto a CEC. Os compostos biparentais derivados das combinações 2255A x 319A e 2255A x 2276A, o composto triplo 2255A x 2276A x 2029A e os compostos quádruplos 2255A x 741B x 2276A x 319A e 2255A x 2276A x 2029A x 319A são os mais indicados para a formação de populações compostas seguida de seleção intrapopulacional, visando o aumento da concentração de açúcares nos grãos.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L.; gene *sugary1*; açúcares solúveis totais; amido; conservação *in situ*-on farm.

## ABSTRACT

Sweet corn is a special type of corn, with a high concentration of sugars in the grains. In Brazil, it is not widespread due to the low availability of seeds and adapted varieties for tropical conditions. Local varieties of this type of corn are grown in the Far West of Santa Catarina (FWSC), although they are at constant risk of genetic erosion. The Geographical Indication (GI) and Participatory Genetic Breeding (PGB) are strategies for valuing local products and seeds and can stimulate the conservation *in situ*-on farm of this genetic resource. The objective of the present work was to evaluate the genetic potential of the local varieties of sweet corn *sugary1* from the FWSC and derived populations for chemical quality attributes of grains, aiming to generate scientific subsidies for GI and PGB. For this purpose, samples of grains in R3 stage (milk) were obtained from nine varieties of *sugary1* sweet corn, from four experiments conducted in two microregions in the state of Santa Catarina, and from 15 F1's intervarietal hybrids and their parents, from two experiments conducted at the FWSC. The samples of fresh corn were analyzed for total soluble sugar content and starch in the dry matter of grains. The research was divided into two chapters. The first chapter was dedicated to the study of the genotype x environment interaction of nine varieties of *sugary1* sweet corn - seven local varieties of the FWSC and two controls - in four locations - three in the FWSC, in the municipalities of Anchieta and Guaraciaba, and one in the Santa Catarina coast, in the city of Florianópolis. In this chapter, the high potential of local *sugary1* sweet corn varieties was observed for the percentage of total soluble sugars and the relationship between total soluble sugars and starch in the grains. The environments in which the varieties were cultivated influenced the expression of these characteristics, and the local varieties showed the best results when cultivated in the FWSC. The local varieties showed general adaptation, however their average behavior for the evaluated characteristics is more stable in the region of origin. These results indicate that the chemical quality of the grains of FWSC *sugary1* sweet corn VL's is essentially due to the geographical environment. These results prove a dependence on the product's characteristics on the know-how in the selection of seeds by the local actors and on the environment of the microcenter of diversity of *Zea mays* L. in the FWSC, which may result in a GI in the Denomination of Origin modality. The second chapter was dedicated to the diallel study of six varieties of *sugary1* sweet corn and 15 F1's intervarietal hybrids in two experiments conducted at FWSC, in the municipalities of Anchieta and Guaraciaba. The results of the individual and joint dialysis analysis showed significant differences by the F test ( $p \leq 0.5$ ) for the genotypes and for the estimates of the



effects of the general (GCA) and specific (SCA) combining ability and evidenced non-significant effects of the interaction GCA x environment and SCA x environment. The occurrence of significant estimates of GCA and SCA proves the existence of genetic variability associated with additive and non-additive gene effects, which allow the use of intrapopulation and interpopulation selection strategies. Varieties 2255A and 2276A have higher estimates of GCA and the crosses 2255A x 319A, 2255A x 2029A, 2255A x 2276A, Doce Cubano x 2276A, 2276A x 2029A and 2255A x 741B showed higher estimates of SCA. The two-parent compounds derived from the combinations 2255A x 319A and 2255A x 2276A, triple compound 2255A x 2276A x 2029A, and the quadruple compounds 2255A x 741B x 2276A x 319A and 2255A x 2276A x 2029A x 319A are the most suitable for the formation of compound populations followed by intrapopulation selection, aiming to increase the concentration of sugars in the grains.

**Index terms:** *Zea mays* L.; gene *sugary1*; total soluble sugar; starch; conservation *in situ*-on farm.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Genótipos e características morfológicas dos grãos de milho doce e de milho superdoce ( <i>Zea mays</i> L.).....	30
<b>Tabela 2.</b> Identificação (IDV), nome, procedência e altitude de procedência de nove variedades de milho com genótipo <i>su/su1</i> para o fenótipo doce. ....	60
<b>Tabela 3.</b> Análises individuais de experimentos para a porcentagem de açúcares solúveis totais (AST) e relação entre açúcares solúveis totais e amido (AST/AM) na matéria seca dos grãos de nove variedades de milho doce ( <i>su/su1</i> ) cultivadas em quatro locais em Santa Catarina – Sul do Brasil, safra 2017/2018.....	66
<b>Tabela 4.</b> Análise conjunta de experimentos para a porcentagem de açúcares solúveis totais (AST) e relação açúcares solúveis totais e amido (AST/AM) na matéria seca dos grãos de nove variedades de milho doce ( <i>su/su1</i> ) cultivadas em quatro locais em Santa Catarina – Sul do Brasil, safra 2017/2018.....	70
<b>Tabela 5.</b> Dados de precipitação (mm) e temperatura média do ar (T °C) para os períodos de condução dos ensaios no Extremo Oeste de Santa Catarina e em Florianópolis/SC, safra 2017/2018.....	74
<b>Tabela 6.</b> Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para a porcentagem de açúcares solúveis totais (AST) e relação entre açúcares solúveis totais e amido (AST/AM) na matéria seca nos grãos de nove variedades de milho doce <i>sugary1</i> em quatro locais - Santa Catarina, safra 2017/2018.....	78
<b>Tabela 7.</b> Classificação de quatro locais, com base no Índice ambiental (Ij) para porcentagem de açúcares solúveis totais (AST) e relação entre açúcares solúveis totais e amido (AST/AM) nos grãos de nove variedades de milho doce <i>sugary1</i> (Santa Catarina, safra 2017/2018).....	80
<b>Tabela 8.</b> Variedades de milho doce ( <i>su/su1</i> ) e híbridos intervarietais F1's.....	96
<b>Tabela 9.</b> Esquema de cruzamentos dialélicos completo entre seis variedades de milho doce, portadoras do genótipo <i>su/su1</i> . ....	96
<b>Tabela 10.</b> Estimativa dos quadrados médios da análise dialélica individual de três caracteres de grãos de 6 genitores e 15 híbridos intervarietais F1's de milho doce ( <i>sugary1</i> ), avaliados em Anchieta (L1) e Guaraciaba (L2), Santa Catarina – Sul do Brasil, safra 2017/2018. ....	101
<b>Tabela 11.</b> Estimativas dos quadrados médios da análise dialélica conjunta de três caracteres de grãos de 6 genitores e 15 híbridos intervarietais F1's de milho doce ( <i>sugary1</i> ), avaliados em Anchieta (L1) e Guaraciaba (L2), Santa Catarina, safra 2017/2018. ....	102

<b>Tabela 12.</b> Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) e desvios-padrão (DP) para três caracteres de grãos de seis variedades de milho doce ( <i>su1su1</i> ) cultivados em Anchieta (L1) e Guaraciaba (L2), Santa Catarina, 2017/2018.....	105
<b>Tabela 13.</b> Estimativas da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) e desvios-padrão (DP) para três caracteres de grãos de 15 híbridos intervarietais F1's ( <i>su1su1</i> ) cultivados em Anchieta (L1) e Guaraciaba (L2), Santa Catarina, 2017/2018.....	107
<b>Tabela 14.</b> Valores médios preditos para três caracteres dos grãos em composto provenientes de seis genitores de milho doce ( <i>su1su1</i> ) em dois ambientes, nos municípios de Anchieta (L1) e Guaraciaba (L2), Santa Catarina, safra 2017/2018.....	110

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tipos de milho e proporção de endosperma vítreo, farináceo e doce. Fonte: Paes, 2006 (adaptado). .....	23
<b>Figura 2.</b> Municípios de Anchieta e Guaraciaba, na microrregião do extremo Oeste de Santa Catarina - Sul do Brasil. Fonte: Costa et al. (2016). .....	25
<b>Figura 3.</b> Mapa com a especificação das IG's em estruturação, concluídas e futuras para o estado de Santa Catarina - SC. Fonte: Epagri/Ciram (2019) (adaptado). .....	37
<b>Figura 4.</b> Gráfico da análise conjunta para a porcentagem de açúcares solúveis totais na matéria seca dos grãos (AST) de nove variedades de milho doce <i>sugary1</i> , cultivadas em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018. Prob. F-teste: Ambiente: 0,000 Genótipo: 0,000; Interação genótipo x ambiente: 0,000; Média Geral: 12,85%; CV: 9%. .....	72
<b>Figura 5.</b> Gráfico da análise conjunta para a relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos (AST/AM) de nove variedades de milho doce <i>sugary1</i> , cultivadas em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018. Prob. F-teste: Ambiente: 0,000 Genótipo: 0,000; Interação genótipo x ambiente: 0,000; Média Geral: 0,41; CV: 11,72%. ....	72
<b>Figura 6.</b> Gráfico da adaptabilidade e estabilidade (Pi) para a porcentagem de açúcares solúveis totais na matéria seca dos grãos (AST) de nove variedades de milho <i>sugary1</i> em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018. ....	78
<b>Figura 7.</b> Gráfico da adaptabilidade e estabilidade (Pi) para a relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos (AST/AM) de nove variedades de milho <i>sugary1</i> em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018. ....	79
<b>Figura 8.</b> Gráfico da adaptabilidade e estabilidade em ambientes favoráveis (Pif) para a porcentagem de açúcares solúveis totais na matéria seca dos grãos (AST) de nove variedades de milho <i>sugary1</i> em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018. ....	81
<b>Figura 9.</b> Gráfico da adaptabilidade e estabilidade em ambientes favoráveis (Pif) para a relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos (AST/AM) de nove variedades de milho <i>sugary1</i> em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018. ....	81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAG – Banco Ativo de Germoplasma

CCA – Centro de Ciências Agrárias

CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

DO – Denominação de Origem

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EOSC – Extremo Oeste de Santa Catarina

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IG – Indicação Geográfica

INPI – Instituto nacional de Propriedade Industrial

IP – Indicação de Procedência

LAGROBio – Laboratório de Pesquisa em Agrobiodiversidade

NEABio – Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade

ONGs - Organizações não governamentais

PNDACT - Programa Nacional de Diversificação em Áreas Cultivadas com Tabaco

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
2.1. OBJETIVO GERAL.....	21
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>22</b>
3.1. MILHO: IMPORTÂNCIA E DIFERENCIAÇÃO DOS TIPOS DE GRÃOS .....	22
3.2. VARIEDADES LOCAIS DE MILHO COMUM E DE MILHOS ESPECIAIS DO EXTREMO OESTE DE SANTA CATARINA .....	24
3.3. MILHO DOCE: PRODUÇÃO E CONSUMO.....	27
3.4. MILHO DOCE: GENES MUTANTES E MELHORAMENTO GENÉTICO .....	29
3.5. VALOR NUTRICIONAL DO MILHO DOCE .....	31
3.6. CONSERVAÇÃO <i>EX SITU</i> E ESTUDOS DO POTENCIAL DO MILHO DOCE DO EOSC PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO .....	33
3.7. INDICAÇÃO GEOGRÁFICA.....	35
3.8. INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE .....	38
3.9. ANÁLISE DIALÉLICA.....	42
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>
<b>5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>6 CAPÍTULO I - ESTUDO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE DE VARIEDADES LOCAIS DE MILHO DOCE DO EXTREMO OESTE DE SANTA CATARINA PARA QUALIDADE QUÍMICA DOS GRÃOS COMO SUBSÍDIO PARA A INDICAÇÃO GEOGRÁFICA .....</b>	<b>56</b>
6.1. RESUMO .....	56
6.2. INTRODUÇÃO.....	57
6.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	60
<b>6.3.1. Material vegetal .....</b>	<b>60</b>
<b>6.3.2. Técnicas experimentais .....</b>	<b>61</b>
<b>6.3.3. Quantificação de açúcares solúveis totais e amido nos grãos .....</b>	<b>62</b>
<b>6.3.4. Análises estatísticas .....</b>	<b>63</b>
6.3.4.1. <i>Análise de variância</i> .....	63
6.3.4.2. <i>Análise de adaptabilidade e estabilidade</i> .....	63
6.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	64
<b>6.4.1. Porcentagem de açúcares solúveis totais e relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos .....</b>	<b>64</b>
<b>6.4.2. Interação genótipo x ambiente de variedades locais de milho doce <i>sugary1</i> .....</b>	<b>68</b>

<b>6.4.3. Adaptabilidade e estabilidade do comportamento de variedades locais de milho doce do EOSC .....</b>	<b>76</b>
6.5. CONCLUSÕES .....	84
6.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	85
<b>7 CAPÍTULO II – ANÁLISE DIALÉLICA DE VARIEDADES LOCAIS DE MILHO DOCE PARA CARACTERES DE QUALIDADE QUÍMICA DOS GRÃOS .....</b>	<b>92</b>
7.1. RESUMO .....	92
7.2. INTRODUÇÃO.....	93
7.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	95
<b>7.3.1. Material vegetal .....</b>	<b>95</b>
<b>7.3.2. Técnicas experimentais .....</b>	<b>97</b>
<b>7.3.3. Quantificação de açúcares solúveis totais e amido nos grãos .....</b>	<b>97</b>
<b>7.3.4. Análises genéticas e estatísticas .....</b>	<b>99</b>
7.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	101
<b>7.4.1. Análise dialélica .....</b>	<b>101</b>
<b>7.4.2. Estimação dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC).....</b>	<b>104</b>
<b>7.4.3. Estimação dos efeitos da capacidade específica (CEC).....</b>	<b>106</b>
<b>7.4.4. Predição dos Compostos .....</b>	<b>109</b>
7.5. CONCLUSÕES .....	113
7.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	114
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E MEDIDAS FUTURAS .....</b>	<b>118</b>

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae e tribo Maydeae, que abrange diversos gêneros, dentre eles, o gênero *Zea*, que inclui o milho e o teosinto, parente silvestre mais próximo do milho domesticado (STURTEVANT, 1894; DOEBLEY; HLTIS, 1980). O milho possui grande importância social e econômica, pois apresenta diversas formas de utilização, que vão desde a alimentação humana e animal até o uso como matéria-prima na indústria (MÔRO, 2018). Conforme o tipo de endosperma dos grãos e de formas de uso é dividido em milho comum e milhos especiais. Cultivados não apenas para a produção de grãos secos, os milhos especiais possuem maior valor agregado, tal como: o milho farináceo, o milho doce, o milho pipoca, o milho alto óleo, o milho alta qualidade proteica, entre outros (TEIXEIRA et al., 2013; PEREIRA FILHO; CRUZ, 2009; PAES, 2006). A diversidade de raças, de tipos de grãos e de usos do milho permitiu sua dispersão e cultivo em praticamente todos os continentes, tornando-se uma das principais culturas no mundo (MÔRO, 2018).

Uma grande diversidade de variedades locais ou crioulas (*landraces*) do gênero *Zea* é conservada no Extremo Oeste de Santa Catarina (EOSC), no Sul do Brasil, onde foram identificadas recentemente mais de 1.500 variedades dos diferentes tipos de milho, sendo cultivadas em pequenas unidades de produção familiares dos municípios de Anchieta e Guaraciaba (COSTA et al, 2016). A diversidade de *Zea mays* L. na região do EOSC permitiu a sua indicação como um microcentro de diversidade da espécie (COSTA et al., 2016). Além disso, em função do cultivo tradicional de variedades locais, o município de Anchieta, no EOSC, é reconhecido como a Capital Nacional da Produção de Sementes Crioulas através da Lei nº 13.562 de 21 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017) e como Capital Estadual do Milho Crioulo pela Lei 16.722 de 8 de outubro de 2015 (BRASIL, 2015).

As variedades locais de milho fazem parte da cultura e tradição dos agricultores (as) do EOSC. Estão presentes em pratos típicos, em festas tradicionais (COSTA et al., 2016) e heranças de família (SILVA & OGLIARI, 2015). Além do uso na alimentação humana e animal, algumas variedades são utilizadas em artesanatos e outras em remédios caseiros (OGLIARI & ALVES, 2007). São amplamente adaptadas aos agroecossistemas da região, em função dos anos de cultivo e da seleção realizada pelos agricultores (as) (OGLIARI, 2019). Existem variedades que são cultivadas pela mesma família por gerações (avó-mãe-filha) (SILVA & OGLIARI, 2015). No caso do milho doce, algumas são cultivadas na mesma propriedade há mais de 20 anos, sendo que uma delas é mantida pela mesma família por, pelo menos, 80 anos (SOUZA et al., 2020). Foram adquiridas pelos agricultores na própria



comunidade ou de familiares, sendo a maioria obtida por meio de herança de família (SOUZA et al., 2020).

Apesar do importante papel econômico e cultural das variedades locais de milho do EOSC é comum sua perda ou abandono, evidenciando um processo de erosão genética (REICHERT JR. et al., 2020; SOUZA et al., 2020; COSTA et al., 2016; VIDAL et al, 2014; SILVA, 2015). Esse processo provoca o desaparecimento tanto de combinações genéticas valiosas, quanto do conhecimento tradicional associado (OGLIARI, 2019; OGLIARI et al, 2013a; OGLIARI et al, 2013b; OGLIARI; ALVES, 2007). Entre os principais fatores que causam a perda das variedades locais de milho no EOSC, estão: os distúrbios climáticos (seca e granizo) e a idade avançada dos mantenedores, associada à falta de sucessores na unidade de produção familiar (SOUZA et al., 2020; COSTA et al., 2016; VIDAL et al, 2014; SILVA, 2015). As variedades locais de milho doce possuem características que conferem maior risco de perda, como: o pequeno número de sementes armazenadas para a próxima safra e a possibilidade de a perda do fenótipo doce causada pela contaminação com pólen de outros tipos de milho (SOUZA et al., 2020; SOUZA, 2019; 2015).

Estes fatos comprovam a necessidade de ações que promovam a conservação das variedades locais de milho do EOSC, especialmente de milho doce, em função da sua maior fragilidade. Em vista disso, desde 2015, encontra-se em andamento um trabalho de conservação deste germoplasma local, realizado pelo Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade (NEABio) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em parceria com organizações de agricultores dos municípios de Anchieta e Guaraciaba/SC, aliando conservação *ex situ*, conservação *in situ/on-farm* e melhoramento genético participativo.

A conservação *ex situ* é a conservação de componentes da diversidade biológica fora de seus habitats naturais (CDB, 2000). Um exemplo deste tipo de conservação é o armazenamento de sementes sob refrigeração, em bancos de germoplasma. A conservação *in situ/on-farm*, por sua vez, é definida como o manejo sustentável da diversidade genética de variedades agrícolas tradicionais (locais), associadas a parentes silvestres e desenvolvidas por agricultores dentro de um sistema de cultivo agrícola (MAXTED et al., 1997).

O melhoramento genético participativo (MGP) é considerado uma estratégia para promover a conservação *in situ/on-farm* de variedades locais, através da valorização pelo uso das sementes locais (BOEF; OGLIARI, 2007; 2008; MACHADO, 2014). Trata-se de uma metodologia diferenciada de desenvolvimento de tecnologia científica, que associa o

conhecimento de tradicional ao conhecimento científico, busca a autonomia dos agricultores no desenvolvimento de variedades com reduzido risco de vulnerabilidade genética e respeita as questões sociais das comunidades e do meio ambiente (MACHADO, 2014; FONSECA, 2014; MACHADO et al., 2008).

Até o presente momento, as pesquisas desenvolvidas pelo NEABio com as variedades locais de milho doce do EOSC envolveram os seguintes avanços: identificação, mapeamento, coleta, conservação *ex situ*, caracterização de variedades; identificação dos genes mutantes *sugary1* e *shrunk2* para o fenótipo doce; estudos de base genética por meio de metodologias envolvendo cruzamentos dialélicos e avaliação do potencial das variedades locais de milho doce e de seus híbridos intervarietais (provenientes do cruzamento de duas variedades); e indicação de variedades ou combinações com potencial genético para compor uma população base de um programa de MGP (SOUZA, 2019; 2015). A maioria destes estudos levou em consideração algumas características agrônômicas, morfológicas, fenológicas e adaptativas (em andamento), consideradas importantes pelos agricultores da região.

Outra estratégia que pode estimular a conservação das variedades locais de milho doce do EOSC pelo uso é a Indicação Geográfica (IG) (OGLIARI, 2019). A IG é um selo de identificação de um produto ou serviço como originário de um local, região ou país, quando determinada reputação, característica e/ou qualidade possam lhe ser vinculadas essencialmente a sua origem geográfica (INPI, 2018). A Denominação de Origem (DO) e Indicação de Procedência (IP) são duas categorias de IG. A IP refere-se ao nome do local que se tornou conhecido por um serviço ou produto e a DO se refere ao local, cujas qualidades de um produto são atribuídas a sua origem geográfica, sendo diferenciado por condições climáticas, de solo, relevo e do fator humano (INPI, 2018). Santa Catarina já conquistou a IG para as bananas da região de Corupá (DO), para os vinhos produzidos no Vale da Uva Goethe (IP) e para o queijo artesanal dos Campos de Cima da Serra (DO). O estado possui outras espécies vegetais, cujo produto encontra-se a caminho desse reconhecimento, como a maçã Fuji da região de São Joaquim e a erva-mate do Planalto Norte catarinense (EPAGRI/CIRAM, 2019).

De acordo com Souza (2019), as variedades de milho doce do EOSC apresentam, além do desempenho agrônômico superior quando cultivadas na região, um elevado potencial culinário e industrial, podendo despertar o interesse das organizações locais e dos agricultores para a produção comercial de milho verde, bem como a abertura do nicho de mercado de

milhos especiais. Neste sentido, a IG pode ser um instrumento de agregação de valor ao milho doce do EOSC e de desenvolvimento da região a partir da exploração econômica destas variedades, bem como de sua conservação pelo uso (SOUZA et al., 2020; OGLIARI, 2019).

Entre os elementos necessários para a IG por DO está a descrição das qualidades e características do produto ou do serviço que se devam ao meio geográfico (fatores humanos e/ou fatores naturais) (INPI, 2018). Portanto, para a IG do milho doce de variedades locais do EOSC é essencial um estudo discriminatório de suas particularidades e da influência do ambiente sobre as características de qualidade do milho verde.

O que torna o milho doce um tipo especial de milho é alta concentração de açúcares nos grãos, causada pela presença de um ou mais genes mutantes, que afetam a síntese de amido no endosperma e conferem o fenótipo doce (TRACY, 2001). O sabor doce é uma das características mais relevantes, tanto do ponto de vista dos agricultores, que cultivam o milho doce para o autoconsumo no EOSC (SOUZA et al., 2020), quanto para o mercado consumidor e indústria de milho verde, cuja preferência é por grãos com maior teor de açúcares e menor teor de amido (PARENTONI et al., 1990).

O acúmulo de açúcares, amido e outros compostos nos grãos de milho depende de diversos fatores ambientais, entre eles: a disponibilidade de nutrientes e água no solo, a umidade relativa do ar, a temperatura do ar e a intensidade luminosa (SOUZA; BARBOSA, 2015), sendo a precipitação e temperatura do ar os fatores com maior impacto (GABALDÓN-LEAL et al., 2016).

A amplitude de temperatura, em decorrência das diferentes altitudes entre os municípios de Florianópolis (Litoral de Santa Catarina), Anchieta e Guaraciaba (EOSC), influenciou o comportamento agrônomo, morfológico e fenológico da maioria das variedades locais de milho doce provenientes do EOSC (SOUZA, 2015). Porém, inexitem informações sobre o desempenho destas variedades quanto à qualidade química dos grãos, especialmente para a porcentagem de açúcares solúveis totais e porcentagem de amido na matéria seca dos grãos, aos serem cultivadas em diferentes altitudes dentro da região de origem (EOSC) e em ambiente fora desta região.

Neste sentido, um estudo comparativo do comportamento das variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC em diferentes altitudes permite identificar a influência do meio geográfico na composição química dos grãos, além de demonstrar a adaptação destas variedades aos agroecossistemas da região de origem, podendo também gerar subsídios para

um processo de IG por DO do milho doce do conjunto de variedades locais do microcentro de diversidade de *Zea mays* L. Ademais, os estudos de base genética para os atributos de qualidade química dos grãos são fundamentais para complementar o conhecimento sobre o seu potencial genético destas variedades para serem utilizadas como populações base em um programa de MGP de milho doce desenvolvido na região do EOSC.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de variedades locais de milho doce *sugary1* do Extremo Oeste de Santa Catarina e de populações derivadas para atributos de qualidade química dos grãos, visando gerar subsídios científicos para a Indicação Geográfica e para o Melhoramento Genético Participativo, buscando, com isso, a promoção da conservação *in situ*-on farm deste germoplasma local.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as variedades locais de milho doce *sugary1* do Extremo Oeste de Santa Catarina quanto à porcentagem de açúcares solúveis totais e relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos;
- Avaliar para as mesmas variáveis os efeitos da interação genótipo x ambiente e o comportamento de variedades locais de milho doce *sugary1* frente ao cultivo em diferentes altitudes no Extremo Oeste de Santa Catarina e em altitude fora da região de origem;
- Avaliar a adaptabilidade e estabilidade de variedades locais de milho doce *sugary1* do Extremo Oeste de Santa Catarina quanto à porcentagem de açúcares solúveis totais e relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos;
- Analisar a capacidade de combinação de variedades locais de milho doce *sugary1* para a porcentagem de açúcares solúveis totais, porcentagem de amido e relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos;
- Identificar a influência de ambientes do Extremo Oeste de Santa Catarina sobre a capacidade geral e específica de combinação das variedades para a porcentagem de açúcares solúveis totais, porcentagem de amido e relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos;
- Analisar o potencial de híbridos intervarietais F1's e predizer o potencial de populações compostas derivadas, com as melhores perspectivas para a concentração de açúcares nos grãos;
- Definir as estratégias de seleção para as variedades.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. MILHO: IMPORTÂNCIA E DIFERENCIAÇÃO DOS TIPOS DE GRÃOS

O milho (*Zea mays* L.) é explorado desde os primórdios da agricultura e foi o principal cultivo de importantes civilizações, como dos incas, astecas e maias. A domesticação do milho ocorreu no Sul do México, a partir da espécie *Zea mays* L. subsp. *parviglumis* H., cerca de 9.000 anos antes do presente (MATSUOKA et al., 2002). Sua distribuição pelo mundo e a grande diversidade de raças permitiram que o milho pudesse ser cultivado em praticamente todos os continentes, tornando-se uma das principais culturas no mundo (MÔRO, 2018).

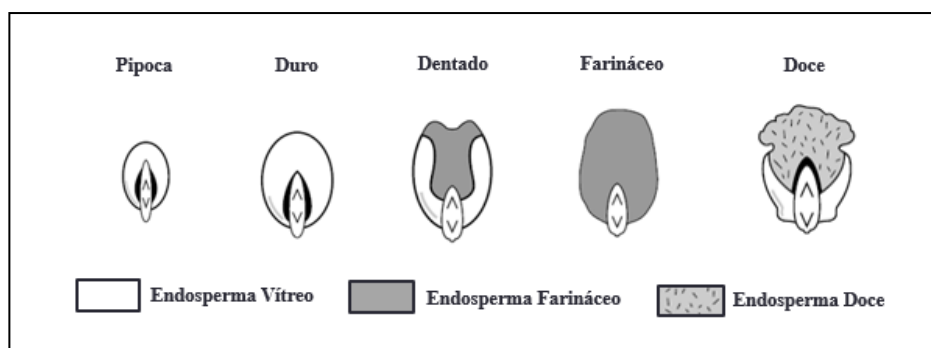
A produção mundial de milho é crescente e passou de 591 milhões de toneladas na safra de 2000/2001 para 1,067 bilhões de toneladas na safra de 2017/2018 (CONTINI et al., 2019). Os principais produtores são os Estados Unidos e a China, com cerca de 371 milhões e 263 milhões de toneladas, respectivamente. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, com cerca de 82 milhões de toneladas anualmente (CONTINI et al., 2019). Devido a sua composição bioquímica e nutricional, o milho é amplamente usado na alimentação animal e humana e como matéria-prima para obtenção de produtos industrializados, tendo mais de 3.500 formas diretas e indiretas de usos, como amido, polímeros, espessantes, combustível, bebidas, entre outros (MÔRO, 2018; CRUZ et al., 2011; MIRANDA-PEIXOTO, 2002).

A espécie botânica *Zea mays* L. abrange uma grande diversidade de tipos de milho. O milho comum inclui os grãos do tipo duro e dentado, geralmente cultivados para obtenção de grãos secos, destinados, na sua maioria, para alimentação animal. Os milhos especiais são assim designados por serem cultivados não para a produção de grãos secos, mas para usos especiais (principalmente na alimentação humana) e possuem maior valor agregado (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2009). Dentre os milhos especiais, estão: o milho farináceo, o milho pipoca, o milho doce, o milho com alto teor de óleo (utilizado na indústria de alimentos tanto para humanos como para animais), o milho de alta qualidade proteica e o próprio milho comum quando cultivado para a produção de canjica, cuscuz, milho verde e minimilho, entre outros (TEIXEIRA et al., 2013; PEREIRA FILHO; CRUZ, 2009).

A distinção dos tipos de milho advém, principalmente, da diversidade na composição do endosperma, que causa variações na forma, na cor e no tipo de grão (ZILIC et al., 2011). A cariopse do milho é formada por endosperma, gérmen, pericarpo e ponta. O endosperma tem a função de armazenar nutrientes, como amido e proteínas, essenciais para o processo de

germinação e crescimento inicial da plântula (SOUZA et al., 2012; COSTA et al., 2011). Conforme a distribuição do amido dentro das células, o endosperma do milho pode ser classificado em: farináceo, com grânulos de amido arredondados e dispersos, com espaços vagos, ocupados pela água antes do processo de desidratação; ou vítreo, com grânulos de amido circundados por proteínas que não permitem a ocorrência de espaços vagos após o processo de secagem (ZILIC et al., 2011; PAES, 2006).

Nos grãos de milho comum, o endosperma vítreo apresenta-se contínuo, o que confere o formato arredondado e aparência mais dura (caracterizando o milho duro) ou o endosperma vítreo concentra-se mais nas laterais do grão e o farináceo concentra-se no centro, o que confere a endentação na parte superior, com o encolhimento do endosperma farináceo no processo de secagem (caracterizando o milho dentado) (PAES, 2006). Nos grãos dos milhos especiais, como no farináceo e pipoca, o endosperma é predominantemente farináceo (PAES, 2006), e no milho doce o endosperma é vítreo e enrugado, sendo que a alta concentração de açúcares proporciona maior formação de espaços internos vazios, tornando os grãos colapsados no processo de maturação (Figura 1) (TEIXEIRA et al, 2013; BOYER; SHANNON, 1983; TRACY, 2001).



**Figura 1.** Tipos de milho e proporção de endosperma vítreo, farináceo e doce. Fonte: Paes, 2006 (adaptado).

Os milhos especiais de alto valor proteico são milhos denominados *Quality Protein Maize* (QPM), que apresentam grãos com endosperma vítreo e com altos teores de lisina e triptofano, aminoácidos essenciais geralmente encontrados em pequena quantidade no milho comum (PANDEY et al., 2016). Diferentemente dos outros milhos especiais, a particularidade do milho com alto teor de óleo está associada, principalmente, com a composição do germen. O endosperma concentra uma pequena fração do total de óleo, sendo o embrião responsável por compor cerca de 85% do óleo dos grãos de milho (LIU, et al., 2009).

### 3.2. VARIEDADES LOCAIS DE MILHO COMUM E DE MILHOS ESPECIAIS DO EXTREMO OESTE DE SANTA CATARINA

Existem diversas definições para variedades locais, tradicionais e crioulas. Bellon & Bruschi (1994) consideram que variedades locais ou *landraces* são aquelas mantidas pelos agricultores ao longo de gerações e que, após vários ciclos de seleção natural e artificial, adquirem características próprias. Para Zeven (1998), são populações conservadas, selecionadas, multiplicadas e usadas por agricultores tradicionais ao longo de vários anos de cultivo, sendo geograficamente distintas e diversas na sua composição genética. Louette et al. (1997) consideram que variedade local é a população cultivada em determinada região por, pelo menos, 30 anos e que não tenha passado por um processo de melhoramento formal. Segundo Machado et al. (2008), variedade tradicional é aquela em que foram incorporados valores históricos, que passam a fazer parte das tradições familiares e que tenha sido manejada em um mesmo ecossistema por, pelo menos, três gerações familiares (avô, pai e filho). Para os mesmos autores, variedade crioula é um termo adotado para variedades locais em determinadas situações, como para variedades introduzidas em comunidades por menos de 20 anos (MACHADO et al., 2008).

Bevilaqua (2012) afirma que não há distinção entre variedades locais, tradicionais e crioulas, pois o traço que as une é a seleção por parte dos agricultores. Ogliari et al. (2013a) destacam os aspectos comuns dos termos variedade local, tradicional e crioula e, neste sentido, definem-nas como populações locais inteiramente ou parcialmente estabelecidas a partir da base genética local, e que são conservadas, selecionadas, multiplicadas e usadas por pequenos agricultores tradicionais ao longo de gerações e, conseqüentemente, adaptadas aos agroecossistemas da região de origem.

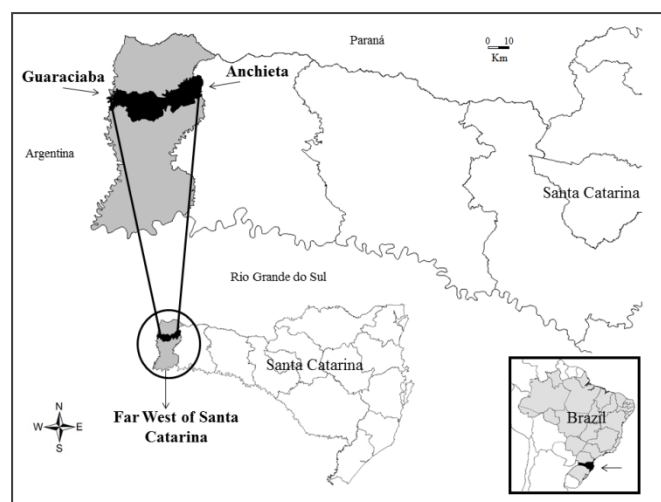
A Lei Nacional de Sementes e Mudanças (Lei nº 10.711/2003) define uma cultivar local, tradicional ou crioula como:

*Variedade desenvolvida, adaptada ou produzida por agricultores familiares, assentados da reforma agrária ou indígenas, com características fenotípicas bem determinadas e reconhecidas pelas respectivas comunidades e que, a critério do MAPA, considerados também os descritores socioculturais e ambientais, não se caracterizem como substancialmente semelhantes às cultivares comerciais (Brasil, 2003).*



Para fins de padronização neste trabalho, as designações crioula e tradicional serão consideradas sinônimas ao termo variedade local, que remeterá à populações de plantas de milho conservadas, nomeadas, selecionadas, multiplicadas e manejadas pelos agricultores familiares do EOSC, ao longo de muitos anos de cultivo, sendo consideradas populações geograficamente heterogêneas, diversas em sua composição genética e adaptadas aos agroecossistemas da região, conforme descrito por Souza (2019).

O EOSC é conhecido por abrigar uma reserva genética de milho comum e de milhos especiais, além de populações de teosinto (parente silvestre do milho), em processo de domesticação. Entre as 1.688 unidades de produção familiar dos municípios de Anchieta e Guaraciaba/SC (Figura 2), 1.068 cultivam e conservam 1.513 variedades locais de milho, entre elas, de milho pipoca, milho comum, milho adocicado e milho farináceo. A microrregião do EOSC, representada pelos municípios de Anchieta e Guaraciaba, foi indicada como um microcentro de diversidade de *Zea mays* L., por corresponder a uma área microgeográfica que contempla uma abundante reserva genética desta espécie (COSTA et al., 2016; SILVA, 2015).



**Figura 2.** Municípios de Anchieta e Guaraciaba, na microrregião do extremo Oeste de Santa Catarina - Sul do Brasil. Fonte: Costa et al. (2016).

A cultura do milho crioulo tem grande importância econômica, social e cultural para a população rural dos municípios de Anchieta e Guaraciaba/SC (OGLIARI, 2019; COSTA et al., 2016; SILVA; OGLIARI, 2015; VOGT et al., 2007). Além do uso na alimentação animal (como grãos ou silagem), as variedades locais de milho são amplamente utilizadas na alimentação humana (na forma de fubá, farinha, canjica, milho verde e milho pipoca) (COSTA et al., 2016). Os estiletes de milho roxo são utilizados como medicamento, em

infusões para tratamento de inflamações, infecções na bexiga, rins e vesícula, no alívio de dores e no combate à pressão alta (OGLIARI; ALVES, 2007). A diversidade de cores dos grãos e da palha permite que os milhos locais também sejam explorados para o artesanato (OGLIARI; ALVES, 2007).

Estudos relatam que variedades locais de milho do EOSC são cultivadas e conservadas pela mesma família por muitos anos. Existem variedades de milho comum que são cultivadas há mais de 30 anos pela mesma família (COSTA et al, 2013). No caso do milho pipoca, algumas das variedades são conservadas há cerca de 100 anos (avó-mãe-filha) (SILVA; OGLIARI, 2015). Entre as variedades de milho doce, algumas são cultivadas na mesma propriedade há mais de 20 anos, sendo que uma é mantida pela mesma família por, pelo menos, 80 anos (SOUZA et al., 2020). Todos os valores associados às formas de uso, à cultura e à tradição regional contribuem para a conservação destas variedades na região (COSTA et al., 2016).

Diversos estudos mostraram que, além do valor real de uso, as variedades locais de milho do EOSC apresentam potencial para serem utilizadas em programas de melhoramento genético, tendo em vista a diversidade entre e dentro das populações e as suas performances nos mais diversos parâmetros agronômicos e adaptativos considerados importantes para os cultivos de milho comum, milho pipoca e milho doce (SOUZA, 2019; SELEDES et al. 2019; COSTA et al., 2016; GONÇALVES, 2016).

No entanto, trabalhos recentes evidenciaram a erosão genética destas variedades (REICHERT JR. et al., 2020; SOUZA et al., 2020; VIDAL et al, 2014; SILVA, 2015). Os distúrbios climáticos frequentes na região (seca e granizo) e a idade avançada dos agricultores (as) que conservam as sementes, associada à falta de sucessores na unidade familiar, estão entre os principais motivos para a perda ou abandono das variedades de milho do EOSC (SOUZA et al., 2020; VIDAL et al, 2014; SILVA, 2015). A erosão genética é entendida como a perda de um único gene ou de combinações genéticas, tais como as mantidas pelas variedades locais. O processo de erosão genética também provoca o desaparecimento do conhecimento de uso tradicional (OGLIARI, 2019; OGLIARI et al, 2013a; OGLIARI et al, 2013b; OGLIARI; ALVES, 2007). Tal fato é uma evidência da necessidade de estudos científicos e estratégias para agregar valor, estimular a produção e a comercialização das sementes, como objetivo de promover a manutenção da conservação deste germoplasma local.

O milho doce encontra-se entre os tipos com maior fragilidade, em razão do pequeno número de sementes armazenadas pelos agricultores (as) para o próximo plantio e da possibilidade de mudança na identidade varietal causada pela perda do fenótipo doce, em decorrência da contaminação com pólen de outros tipos de milho (SOUZA et al., 2020).

### 3.3. MILHO DOCE: PRODUÇÃO E CONSUMO

O milho doce (*Zea mays* L.) é considerado uma hortaliça, cuja produção é destinada exclusivamente para consumo humano, seja *in natura* ou processado. É colhido em estágio de grão leitoso, quando apresenta cerca de 70 a 80% de umidade e maior concentração de açúcares nos grãos. Na indústria, o milho doce é utilizado na produção de milho verde em conserva, em sopas cremosas de milho doce, em grãos congelados puros ou em misturas de vegetais ou na produção de minimilho (*baby corn*), quando colhido antes da polinização. Também é apreciado para consumo em espigas cozidas, sendo comum o comércio de espigas com ou sem palha e embaladas com ou sem vácuo (PEREIRA FILHO & TEIXEIRA; 2016).

Em algumas regiões do Brasil o milho doce é comumente consumido na forma de espigas cozidas ou como ingrediente de pratos locais, porém a produção comercial deste tipo de milho é pouco representativa, sendo menos difundida se comparado com os Estados Unidos (KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007; PEDROTTI et al., 2003). Segundo a USDA (2020), mundialmente, são cultivados cerca de 1,04 milhões de hectares com milho doce. Os Estados Unidos é o país com a maior área plantada, sendo a produção, na sua maioria, destinada para consumo direto e uma pequena porção utilizada como matéria-prima para processamento industrial. No Brasil, são cultivados pouco mais de 41 mil hectares com milho doce (TEIXEIRA et al., 2013) e praticamente toda a produção comercial é destinada para indústria de milho verde enlatado (PEREIRA FILHO & TEIXEIRA, 2016).

Tanto o milho comum como o milho doce pode ser usado para produção de milho verde. Para essa finalidade, o milho comum precisa apresentar determinadas características, tal como: grãos dentados amarelos, pericarpo delicado, espigas grandes e cilíndricas, bem empalhadas, com boa granação, estigmas e sabugo brancos (KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007; PEREIRA FILHO; CRUZ, 2009). Entre as 196 cultivares de milho comum disponíveis no mercado brasileiro de sementes na safra 2019/2020, apenas cinco apresentam as características recomendadas para produção de milho verde (PEREIRA FILHO & BORGHI, 2020).

O milho doce tem maior concentração de açúcares e características sensoriais mais agradáveis, como pericarpo fino e endosperma com textura delicada (PARENTONI, et al., 1990), apresentando características favoráveis tanto para o consumo *in natura*, quanto para a indústria de milho verde. Em função de novos padrões de consumo, de um mercado cada vez mais exigente quanto às características de qualidade do milho verde, acredita-se numa tendência de maior produção de milho doce no Brasil (KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007). Seu cultivo comercial pode vir a ser uma fonte de renda compensadora para os agricultores (as), em virtude do maior valor agregado, se comparado ao milho comum (PEREIRA FILHO & CRUZ, 2009). Além disso, o milho doce também pode vir a ser uma alternativa para a diversificação de cultivos em lavouras atualmente ocupadas pela fumicultura.

A discussão sobre a diversificação de cultivos das unidades familiares produtoras de fumo tem ganhado importância no Brasil, especialmente na região Sul, que representa 97,9% da produção nacional (ZAJONZ et al., 2017). A diversificação de cultivos e substituição da fumicultura é estimulada pelo Programa Nacional de Diversificação em Áreas Cultivadas com Tabaco (PNDACT). Este programa busca reduzir os impactos socioambientais negativos da produção do tabaco e visa atender o Art. 17 da Convenção-Quadro para Controle do Tabaco (CQCT), primeiro tratado internacional de saúde pública com o objetivo de reduzir as consequências sociais, ambientais, sanitárias e econômicas da produção e consumo do tabaco (INCA, 2016). O cultivo do milho doce nas unidades de produção familiar catarinenses, atualmente cultivadas com o fumo, pode aliar a geração de renda com a qualidade de vida dos agricultores (as).

No entanto, o milho doce ainda é pouco conhecido e cultivado no Brasil em razão da baixa disponibilidade de sementes de cultivares adaptadas (PEREIRA FILHO & TEIXEIRA, 2016; SOUZA et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2001). Em 2019, existiam 77 registros de milho doce no Registro Nacional de Cultivares – RNC. Destes, cinco foram feitos nos últimos cinco anos (BRASIL, 2019). Apesar disso, a disponibilidade de sementes de milho doce no mercado brasileiro é extremamente pequena (PEREIRA FILHO & BORGHI, 2020), sendo dominado pelo cultivar Tropical Plus, desenvolvido pela empresa Syngenta Seeds (TEIXEIRA et al., 2013).

### 3.4. MILHO DOCE: GENES MUTANTES E MELHORAMENTO GENÉTICO

O milho doce é originário das Américas Central e do Sul, no período pré-colombiano e seu o centro de dispersão na América está localizado no Peru e no México. Entretanto, a origem das cultivares modernas de milho doce não é clara (LIMA; BORÉM, 2018; PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2013). Existem duas teorias sobre a origem do milho doce moderno: a primeira sendo de descendente dos grupos do Peru e do México; e a segunda sendo resultado de mutações mais recentes em campos de milho comum, principalmente, Norte Americanos (LIMA; BORÉM, 2018). A hipótese de que o milho doce cultivado atualmente seja oriundo de mutações recentes é defendida em função da menor vantagem adaptativa do fenótipo doce, em decorrência da menor variabilidade de sementes, se comparado com o milho comum (TRACY, 2001). Outros aspectos reforçam a segunda teoria, como a falta de milho doce em coleções arqueológicas e a inexistência de registros sobre o fenótipo doce nos Estados Unidos antes do século XIX (LIMA & BORÉM, 2018).

O sabor doce nos grãos de milho é decorrente da presença de pelo menos um dos genes mutantes que alteram a biossíntese de amido nas sementes (TRACY, 2001; PARENTONI et al., 1990; BOYER; SHANNON, 1983). Além da maior concentração de açúcares, a presença dos genes mutantes para a doçura está relacionada com alterações morfológicas nos grãos e com outras características sensoriais, como maior maciez do pericarpo e textura cremosa do endosperma, que deixam o milho verde mais tenro e atrativo para consumo *in natura* (PAIVA, 2014; TRACY, 2001, KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007; MEZZACAPPA, 1952; BOYER; SHANNON, 1983). No entanto, também associadas à presença desses genes, estão algumas características agrônômicas indesejadas, como maior suscetibilidade a pragas e doenças, menor poder germinativo e menor produtividade (TRACY, 2001).

Os alelos mutantes que conferem fenótipo doce aos grãos de milho são divididos em dois grupos, sendo o primeiro definido como o grupo doce e o segundo pelo grupo superdoce (Tabela 1). O grupo doce pode apresentar os genes *sugary1* (*su1*); *dull* (*du*) e *amilose-extendor* (*ae*) (BOYER; SHANNON, 1983). O grupo de milho superdoce pode ser composto pelos genes *shrunk-2* (*sh2*); *brittle1* (*br1*); *sugary enhancer* (*se*); *brittle-2* (*br2*) e *waxy* (*wa*) (BOYER; SHANNON, 1983).

**Tabela 1.** Genótipos e características morfológicas dos grãos de milho doce e de milho superdoce (*Zea mays* L.).

<b>Gene</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Grupo e Fenótipo</b>
<i>Amilose-extender</i>	<i>Ae</i>	Milho doce, com grãos vítreos, manchados, com alto teor de amilose.
<i>Brittle 1</i>	<i>bt 1</i>	Milho superdoce, com grãos que colapsam na fase madura e possuem aparência angular, translúcida e frágil.
<i>Brittle 2</i>	<i>bt 2</i>	Milho superdoce, com grãos inflados, transparentes, sementes podem entrar em colapso quando secas, tornando-se angulares e quebradiças.
<i>Dull</i>	<i>du</i>	Milho doce, com grãos vítreos.
<i>Shrunken 2</i>	<i>sh 2</i>	Milho superdoce, com grãos inflados, transparentes, sementes podem entrar em colapso quando secas, tornando-se angulares e quebradiças.
<i>Sugary 1</i>	<i>su</i>	Milho doce, com grãos enrugados e translúcidos.
<i>Sugary enhancer</i>	<i>se</i>	Milho superdoce. Ocorre apenas em linhagens que contenham também os alelos <i>su1</i> ; grãos inflados de cores claras variando de acordo com a constituição genética.
<i>Waxy</i>	<i>wx</i>	Milho superdoce, com grãos opacos, o endosperma se torna avermelhado com o contato com iodo.

Fonte: Boyer; Shannon (1983); Tracy (2001) (Adaptado).

Os programas de melhoramento genético de milho doce no Brasil iniciaram na Embrapa Milho e Sorgo no ano de 1979, com o cruzamento de materiais trazidos de universidades Norte Americanas com linhagens de milho comum. Nos anos de 1980, três populações contendo os alelos mutantes *su1* e *bt1* foram melhoradas e, após alguns ciclos de seleção, permitiram o lançamento de cinco variedades: BR400 (Superdoce), BR401 (Doce-de-Ouro), BR402 (Doce cristal), BR420 (Doce mel) e BR421(Lili). Na década de 1990, a Embrapa Milho e Sorgo iniciou um trabalho para obtenção de linhagens portadoras dos alelos *br* e *sh*, que levou ao desenvolvimento do híbrido simples BRS Vivi (PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016). Atualmente, poucas empresas públicas trabalham com melhoramento de milho doce no Brasil, entre elas: a Embrapa Milho e Sorgo, a Embrapa Hortaliças, a Universidade Estadual de Maringá (UEM), a Universidade Estadual do Norte Fluminense

Darcy Ribeiro (UENF), a Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP) e Universidade Estadual de Londrina (UEL). Porém, apenas a Embrapa e a UENF possuem cultivares registradas no RNC.

No desenvolvimento de milho doce as características mais importantes estão relacionadas com desempenho agrônomico e com a qualidade para a indústria, entre elas: a produção superior à  $12 \text{ t ha}^{-1}$ ; resistência a doenças; plantas com porte médio e resistentes ao acamamento; uniformidade de maturação; espigas bem empalhadas, cilíndricas, uniformes, com cerca de 20 cm e número de fileiras igual ou maior que 14; grãos com pericarpo fino, textura tenra e elevados teores de açúcares (PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016).

Apesar da diversidade de genes mutantes que conferem o fenótipo doce, a base genética deste tipo de milho é estreita, pois existe um número pequeno de variedades comerciais e um número reduzido de acessos em bancos de germoplasma. No mundo, estima-se que existam cerca de 300 variedades de milho doce com polinização aberta (LIMA; BORÉM, 2018). No Brasil, o Banco Ativo de Germoplasma de Milho (BAG Milho), mantido pela Embrapa Milho e Sorgo, conta com 20 acessos de milho do tipo doce, de um total de mais de 4.000 acessos de milho conservados *ex situ* (TEIXEIRA et al., 2019).

### 3.5. VALOR NUTRICIONAL DO MILHO DOCE

Os genes mutantes para o fenótipo doce no milho são caracterizados por promoverem alterações na composição dos carboidratos no endosperma dos grãos e diferenciam-se quanto à proporção de amido e açúcar (TRACY, 2001). O grupo de milho superdoce caracteriza-se pelo bloqueio na síntese de amido e maior acúmulo de açúcares no endosperma (OKUMURA et al., 2013) e os genótipos deste grupo apresentam grãos com cerca de 15% a 25% de açúcares no milho em estágio de grão leitoso (TRACY, 2001). O grupo de milho doce caracteriza-se pelo aumento da produção de fitoglicogênio (polissacarídeo solúvel em água) e menor produção de amilopectina (principal componente do amido) (OKUMURA et al., 2013), sendo que os genótipos deste grupo apresentam entre 9% e 14% de açúcares e aproximadamente 35% de amido (TRACY, 2001).

Os açúcares presentes nos grãos de milho com fenótipo doce são os redutores (glucose e frutose), a sacarose e polissacarídeos solúveis em água. No ponto ótimo de colheita, no estágio de grão leitoso (PARENTONI 1990), os grãos apresentam concentração de sacarose superior à concentração de açúcares redutores (geralmente, numa proporção de

2:1), sendo este o principal responsável pela doçura nos grãos (KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007)

Embora, o valor energético dos milhos doce possa ser uma preocupação alimentar para algumas pessoas (como para diabéticos), existem inúmeras características que comprovam seu valor nutricional. O milho doce é uma das melhores fontes de fibras dietéticas (100 g carregam 5% da necessidade de consumo diário), que ajudam a regular o aumento gradual dos níveis de açúcar no sangue (USDA, 2020), sendo um importante nutriente na prevenção de doenças cardiovasculares, obesidade e diabetes (PARK; ARAYA, 2001).

Este tipo de milho também é rico em vitaminas A (100 g fornecem 6% da necessidade de consumo diário) e do complexo B, como tiamina, niacina, ácido pantotênico, folatos, riboflavina e piridoxina (USDA, 2020). Também possui carotenoides (pigmentos que apresentam propriedades antioxidantes e precursoras de vitamina A) (PAES; BARBOSA, 2016). Os grãos de milho doce apresentam abundância de glutelinas e prolaminas, sendo as albuminas e globulinas em menor proporção, apresentam baixo teor de lipídeos (cerca de 1%) (PAES; BARBOSA, 2016) e níveis saudáveis de magnésio, cálcio, ferro, zinco e manganês (PEREIRA et al., 2009).

A qualidade dos grãos de milho doce é avaliada em parte por sua composição química (KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007). A concentração dos carboidratos (açúcares e amido) é um dos parâmetros de qualidade mais relevantes, pois são correlacionados com atributos sensoriais (AZANZA, 1994; AZANZA, 1996). Em estudo de análise sensorial, Oliveira et al. (2006) mostraram que o consumidor tem preferência por genótipos com maior sensação de doçura e relataram que essa sensação se deve pela maior concentração de açúcares nas amostras de milho verde avaliadas. Por esse motivo, a indústria de milho doce tem preferência por materiais com elevada concentração de açúcares e baixa concentração de amido (KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007; OLIVEIRA et al., 2006; PARENTONI et al., 1990). O maior potencial comercial no momento é dos materiais do grupo superdoce com os genes *shrunk2* (*sh2*) e *brittle2* (*bt2*), que apresentam elevados percentuais de açúcares nos grãos (PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016).



### 3.6. CONSERVAÇÃO *EX SITU* E ESTUDOS DO POTENCIAL DO MILHO DOCE DO EOSC PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO

A conservação *ex situ* é a conservação de componentes da diversidade biológica fora de seus habitats naturais (CDB, 2000), como o armazenamento de sementes ortodoxas em condições de baixas temperaturas, em bancos de germoplasma. A conservação *ex situ* é uma estratégia para a manutenção da variabilidade de espécies vegetais fora de seu local de origem e é complementar à conservação *in situ/on-farm*.

A conservação *in situ*, no caso de espécies domesticadas ou cultivadas, é a conservação nos meios onde tenham desenvolvido suas propriedades características (CDB, 2000). Por sua vez, a conservação *on-farm* é definida como o manejo sustentável da diversidade genética de variedades agrícolas tradicionais localmente desenvolvidas, associadas à parentes silvestres e desenvolvidas por agricultores, dentro de um sistema de cultivo agrícola (MAXTED et al., 1997).

A conservação *in situ/on-farm* é dirigida prioritariamente para a manutenção de espécies cultivadas em seus centros de origem e de diversidade (NASS, 2007; CLEMENT et al. 2007). Dentro do escopo de conservação *in situ/on-farm*, o melhoramento genético participativo (MGP) é considerado uma estratégia importante para ampliar o uso e a valorização de germoplasma local (BOEF; OGLIARI, 2007; 2008; MACHADO, 2014).

O MGP busca manter o maior número de variedades locais possível nas lavouras, tendo em vista que são manejadas e usadas pelos agricultores familiares e, por isso, são mais apropriadas aos seus ambientes estressados (FONSECA, 2017). Diferentemente do melhoramento convencional, o MGP não é realizado exclusivamente para obtenção de sementes passíveis de direitos de proteção, mas para obtenção de materiais que atendam às exigências locais e os critérios dos agricultores (MACHADO, 2014; BOEF; OGLIARI, 2007). A metodologia participativa de melhoramento genético associa o conhecimento tradicional dos agricultores ao conhecimento científico, busca autonomia dos agricultores na produção de sementes e o desenvolvimento de variedades promissoras, com ampla base genética e reduzido risco de vulnerabilidade, principalmente no que diz respeito aos métodos de seleção (MACHADO et al., 2008).

Entre as variedades locais de milho do EOSC, o milho doce encontra-se entre os genótipos com maior risco de erosão genética (SOUZA et al., 2020). Além dos riscos de perda ou abandono em comum com os outros tipos de milho, como a idade avançada dos mantenedores, os distúrbios climáticos comuns na região e o fluxo gênico, o milho doce é

cultivado em área reduzida e 38% dos agricultores (as) que cultivam o milho doce guardam apenas entre 1 e 6 espigas para a seleção de sementes da próxima safra (SOUZA, 2015), o que potencializa o risco de perda das variedades.

O Banco Ativo de Germoplasma de Milho (BAG Milho – UFSC), organizado pelo NEABio da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), conserva 13 acessos de milho doce procedentes de dois municípios (Anchieta e Guaraciaba) do EOSC. Este número pode ser considerado elevado, tendo em vista que tais acessos são procedentes de uma pequena área geográfica de 558 Km<sup>2</sup> do microcentro de diversidade de *Zea mays* L. identificado por Costa et al. (2016), além de compor uma elevada proporção de milho doce conservado *ex situ* no Brasil, em relação ao principal banco de germoplasma de milho (BAG de Milho da Embrapa Milho e Sorgo), que abriga apenas 20 acessos caracterizados como milho doce, em sua maioria importados ou derivados de programas de melhoramento TEIXEIRA et al., 2019).

Um trabalho de promoção da conservação *in situ/on-farm* vem sendo desenvolvido pelo NEABio, em parceria com os mantenedores das sementes de milho doce dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, SC. Até o presente momento, as atividades com as variedades locais de milho doce envolveram a identificação e caracterização da diversidade, identificação dos genes mutantes para doçura (SOUZA, 2019), análise químicas parcial dos grãos, estudos de base genética e estudos sobre o potencial fenológico, morfológico e agrônômico das variedades locais e de seus híbridos intervarietal F1's, por meio de cruzamentos dialélicos (SOUZA, 2019; 2015). Além destes, encontra-se em andamento um estudo sobre o potencial adaptativo, quanto a resistência contra uma das principais doenças que acometem a cultura, a Helminthosporiose causado por *Exseroillum turcicum*.

Os estudos concluídos comprovaram que existe diversidade entre e dentro das variedades locais de milho doce para diversas características passíveis de seleção (SOUZA, 2019; 2015). Também permitiram a comprovação da presença dos genes mutantes *sugary1* e *shrunk2*, como responsáveis pelo fenótipo doce nas variedades (SOUZA, 2019). Além disso, geraram subsídios científicos para o desenvolvimento de um programa de MGP de milho doce com base nas características fenológicas, morfológicas e agrônômicas, como a redução do ciclo, a diminuição da altura médias de plantas e o aumento da produtividade. Ademais, comprovaram a influência dos ambientes (Extremo Oeste e Litoral de Santa Catarina) sobre a expressão da maioria dos caracteres estudados (SOUZA, 2019).

### 3.7. INDICAÇÃO GEOGRÁFICA

A Indicação Geográfica (IG) vem sendo reconhecida como instrumento de desenvolvimento rural, que gera benefícios econômicos, sociais (BORGHEZAN, 2018) e ambiental, através da agregação de valor aos produtos, da geração de empregos, da preservação das tradições locais (BARROS et al., 2019), da preservação do conhecimento tradicional e conservação da agrobiodiversidade (OGLIARI, 2019).

A IG é um selo de reconhecimento das qualidades específicas de determinado produto ou serviço devido a sua origem geográfica (WIPO, 2004). A Denominação de Origem (DO) e Indicação de Procedência (IP) são duas categorias de indicação geográfica. De acordo com a Instrução Normativa nº 95, de 28 de dezembro de 2018, considera-se IP o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que se tenha tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de determinado serviço e tem como principal requisito proteger o sinal distintivo do território na notoriedade que passou a ter determinado produto ou serviço pelo mercado consumidor. Por outro lado, considera-se DO o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que designe produto ou serviço cujas qualidades ou características se devam exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos fatores naturais e humanos (INPI, 2018).

O Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) é responsável pelo estabelecimento das condições para os registros de IG's por IP e DO. Entre os elementos necessários para os pedidos de IP está a comprovação de que o nome geográfico se tornou conhecido como centro de extração, produção ou fabricação do produto ou de prestação do serviço. Para os pedidos de DO são necessários estudos de descrição das qualidades e características do produto ou do serviço que se devam (exclusiva ou essencialmente) ao meio geográfico, incluindo os fatores naturais e humanos. Para ambas as modalidades de IG são requeridas: a delimitação de área geográfica; a existência de uma estrutura de controle sobre os produtores ou prestadores de serviços que tenham o direito ao uso exclusivo do selo; e a comprovação de que os produtores ou prestadores de serviços estão estabelecidos na área geográfica demarcada (WIPO, 2020).

Diversos órgãos têm viabilizado o processo de construção das IG's no Brasil, entre eles: Universidades, ONGs (Organizações não governamentais), o SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), Empresa de Pesquisa, Assistência

Técnica e Extensão Rural dos estados, a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e o próprio INPI (VALENTE et al., 2013). A participação de professores universitário, pesquisadores e estudantes de universidades está associada, principalmente, aos estudos científicos de delimitação de área geográfica e na comprovação do meio geográfico na qualidade dos produtos ou serviços, através das teses, dissertações e de trabalhos científicos relacionados com o tema, sendo que o principal entrave para o desenvolvimento das DO's no Brasil é a comprovação da influência do meio geográfico nas características de qualitativas do produto ou serviço (VALENTE et al., 2013).

Até o presente, Santa Catarina possui a IG para três produtos: os vinhos do Vale da Uva Goethe, a banana da região de Corupá e o queijo artesanal dos Campos de Cima da Serra. A IP dos vinhos do Vale da Uva Goethe foi concedida para a Associação dos Produtores da Uva e do Vinho Goethe em fevereiro de 2012 (INPI, 2020a). Os vinhos desta região apresentam notoriedade e são considerados como típicos e tradicionais (VIEIRA et al., 2012). A DO da banana da Região de Corupá foi concedida para a Associação dos Bananicultores da Região de Corupá em agosto de 2018, devido ao seu cultivo tradicional, do “saber fazer” dos agricultores locais e a doçura conferida à fruta, principalmente, pelas peculiaridades de clima e de relevo da região (INPI, 2018). Mais recentemente, em março de 2020, foi concedida para a Federação das Associações de Produtores do Queijo Artesanal Serrano de SC e RS a DO do queijo artesanal dos Campos de Cima da Serra (SC e RS) (INPI, 2020b), reconhecido em razão das especificidades da região e da valorização das características únicas deste produto (EPAGRI, 2020). Outros produtos catarinenses estão em processo de reconhecimento para obtenção da IG, como o mel de melato da bracinga do Planalto Sul Brasileiro (PR, SC e RS), os vinhos de altitude catarinense, a maçã Fuji da região de São Joaquim e a erva-mate do Planalto Norte catarinense (EPAGRI/CIRAM, 2019).

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), juntamente com a Rede de Cooperação de Indicação Geográfica, promovem reuniões anuais para discussão de produtos catarinenses com características potenciais IG's. Em 2019, também estiveram em pauta: a farinha de mandioca de Laguna, a cebola de Ituporanga, o milho crioulo do Oeste catarinense, entre outros (Figura 3) (EPAGRI/CIRAM, 2019).



**Figura 3.** Mapa com a especificação das IG's em estruturação, concluídas e futuras para o estado de Santa Catarina - SC. Fonte: Epagri/Ciram (2019) (adaptado).

A delimitação das áreas para IG utiliza de critérios distintos, dependendo de fatores como a categoria IG pretendida (IP ou DO), do grau de transformação dos produtos e dos vários fatores que conferem o diferencial ao produto ou serviço (DORTZBACH et al., 2019). Os levantamentos históricos e culturais e estudos técnico-científicos são documentos importantes para compor um processo de IP ou DO e auxiliar na delimitação da área geográfica. No caso da região de Corupá, o desenvolvimento de uma pesquisa histórica, que comprovou o cultivo tradicional da banana, ajudou a embasar a IG (REBOLLAR; SIEWERT, 2019). No caso da IG da erva-mate do Planalto Norte catarinense, o levantamento histórico serviu de base para a delimitação geográfica e foi o ponto de partida para estudos mais aprofundados (DORTZBACH et al., 2019). Na região de São Joaquim, os resultados de pesquisas sobre a influência de diferentes faixas de altitude, nos municípios da região sobre os atributos de qualidade da maçã também estão entre os documentos que compõem o processo de IG da maçã Fuji da região de São Joaquim (BRIGHENTI et al., 2019).

Assim como a banana na região de Corupá e a erva-mate do Planalto Norte catarinense, o milho crioulo também é considerado uma cultura tradicional no EOSC. As

variedades locais de milho desta região apresentam uma forte relação com a cultura e tradição da população local e estão presentes em receitas especiais, em cerimônias religiosas, em momentos de lazer, em fatos históricos e heranças de família (SOUZA et al., 2020; OGLIARI, 2019; COSTA, 2013; SILVA; OGLIARI, 2015; OGLIARI; ALVES, 2007). Existem variedades que são repassadas entre gerações, sendo conservadas há cerca de 100 anos pela mesma família (avó-mãe-filha) (SILVA; OGLIARI, 2015).

Aos moldes do estudo realizado por Brighenti et al. (2019) com a maçã Fuji da região de São Joaquim, para o milho doce do EOSC é fundamental que seja feita uma avaliação comparativa das características de qualidade, especialmente da concentração de açúcares e amido nos grãos, quando cultivados em diferentes altitudes, podendo demonstrar a adaptação específica das variedades locais à sua região de origem, comprovar a influência do meio geográfico na característica de doçura dos grãos e fornecer informações importantes para o processo de IG por DO do milho doce de variedades locais do microcentro de diversidade de *Zea mays* L. do EOSC. Segundo Souza (2019) e Ogliari (2019), os componentes geográficos associados aos fatores humanos e ambientais existentes na região do EOSC podem conferir atributos e propriedades particulares aos milhos desse microcentro de diversidade, que inexistem em outras variedades cultivadas pelo mundo e tais particularidades são favoráveis para a obtenção de IG por DO.

### 3.8. INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE

Ambiente são todos os fatores não genéticos que alteram o crescimento e desenvolvimento das plantas (fenótipo). Do ponto de vista biótico, ambiente está relacionado com a presença de patógenos e insetos em determinado local e do ponto de vista abiótico, são considerados a época e local de cultivo, envolvendo desde as práticas agrícolas até as particularidades edafoclimáticas, como distribuição pluviométrica, tipo de solo, temperatura do ar, entre outros (BORÉM et al., 2017).

Em termos genéticos, a interação genótipo x ambiente (GxA) acontece quando a contribuição dos alelos dos diferentes genes que controlam a expressão de uma característica não é a coincidente entre os ambientes, de modo que, os efeitos genéticos e ambientais não são independentes. (RAMALHO et al., 2000; BORÉM et al., 2017).

De modo geral, a interação GxA decorre de uma não consistência no desempenho relativo dos genótipos, em relação ao comportamento esperado, quando avaliados em diferentes ambientes (GARBUGLIO, 2018). Existem dois tipos de interação GxA, a simples e

a complexa. A primeira, denominada interação GxA simples, é proporcionada pela diferença de variabilidade dos genótipos nos ambientes, mas sem alteração da posição relativa dos genótipos com a mudança de ambiente. A segunda, denominada interação GxA complexa, é dada pela baixa correlação entre o desempenho dos genótipos, ao longo dos ambientes, fazendo com que a classificação dos genótipos seja alterada em função das diferentes respostas às variações ambientais (GARBUGLIO, 2018).

Os estudos da interação GxA são de grande valor no melhoramento genético de plantas, tanto em testes comparativos e seleção de genótipos, quanto na recomendação de cultivares, pois, quando a interação GxA existe, especialmente do tipo complexa, há possibilidade de o melhor genótipo em um ambiente não o ser em outro (CRUZ; REGAZZI, 2001). A importância da interação GxA varia de acordo com a espécie e as características avaliadas. De modo geral, é mais relevante em espécies anuais, para as características poligênicas, avaliadas em regiões com condições edafoclimáticas distintas. Além disso, quanto maior a diversidade genética entre os materiais estudados e quanto maior a heterogeneidade entre os ambientes, maior importância terá a interação (BORÉM et al., 2017).

Boreddy et al., (2020) encontraram significância na interação GxA a partir de uma análise conjunta de 106 genótipos de milho em quatro regiões da Índia, evidenciando que os genótipos têm produtividade diferente conforme o local de cultivo. Esses autores concluíram que a seleção de genótipos deve ser feita de forma específica para cada região. Por outro lado, Mariz et al., (2017), ao avaliar a interação GxA em 28 cultivares comerciais de milho em diferentes locais no estado do Mato Grosso (MT), no norte do Paraná (PR) e no Distrito Federal (DF), não encontraram significância da interação GxA e concluíram que as diferenças climáticas entre estes locais não influenciaram na produtividade de grãos, durante a safinha de 2016. Ao estudar variedades locais de milho doce, Khan et al. (2018) mostraram que os ambientes e a época de cultivo influenciaram a expressão de características, como o comprimento das espigas, o número de grãos nas espigas e o peso de grãos.

Existe a possibilidade de avançar nos estudos de interação GxA avaliando, simultaneamente, genótipos e ambientes, por meio de análises de adaptabilidade e estabilidade (FALCONER & MACKAY, 1998). Adaptabilidade e estabilidade fenotípica têm diferentes formas de conceituação. Adaptabilidade é entendida como a capacidade dos genótipos de aproveitarem as variações de ambiente de forma vantajosa. Alguns autores estendem essa definição para adaptabilidade ampla e específica, conforme o padrão de

respostas dos genótipos. Mariotti et al. (1976) conceituou a estabilidade como a capacidade de os genótipos apresentarem um desempenho o mais constante possível, diante das variações ambientais. Piepho (1996), citado por Yamamoto (2018), estabeleceu que a estabilidade pode ser estática ou dinâmica. A estabilidade estática refere-se ao desempenho constante dos genótipos em todos ambientes e a estabilidade dinâmica refere-se à capacidade dos genótipos de responder à variação ambiental de forma previsível, não mostra qualquer desvio com relação ao seu desempenho e é desejável para características como resistência às doenças. A estabilidade dinâmica refere-se ao genótipo que mantém uma resposta paralela à resposta média dos genótipos. Neste caso, a estabilidade depende do grupo de genótipos avaliados (LIMA & BORÉM, 2018). Vencovsky e BARRIGA (1992) consideram que o termo adaptabilidade está mais ligado com a capacidade de adaptação ecológica aos locais ou outras variações de natureza geográfica, enquanto que a estabilidade está relacionada com a capacidade de os genótipos adaptarem-se às variações climáticas.

No melhoramento genético, o genótipo ideal apresenta média elevada, baixa interação GxA, adaptabilidade ampla, e, quando apresentam adaptabilidade específica, que seja responsivo à melhora do ambiente (ambientes favoráveis) ou que mantenham o rendimento em condições adversas (ambientes desfavoráveis) (CRUZ & REGAZZI, 2001).

Existem diferentes métodos de se inferir sobre a adaptabilidade e estabilidade de um grupo de genótipos em uma série de ambientes e todas são fundamentadas no efeito significativo da GxA (CRUZ & REGAZZI, 2001). As técnicas mais conhecidas para determinação da adaptabilidade e estabilidade, bem como da estratificação de ambientes, são baseadas diretamente na variância da GxA, em regressão linear simples e segmentada, em métodos não paramétricos e multivariados, além da integração de métodos que se complementam em termos de resultados (MALOSSETI et al., 2013; LIMA & BORÉM, 2018). A escolha do método depende dos dados dos experimentos, principalmente os relacionados ao número de ambientes, à precisão requerida e ao tipo de informação que se deseja (CRUZ & REGAZZI, 2001).

As análises de adaptabilidade e estabilidade não paramétricas são amplamente utilizadas em estudos científicos, são consideradas confiáveis e de fácil uso e interpretação (CRUZ, 2006). Os métodos não paramétricos quantificam a estabilidade dinâmica, também conhecida como estabilidade agrônômica (BORÉM et al., 2017). Entre eles, estão a metodologia proposta por Lin e Binns (1988), que possibilita a avaliação da adaptabilidade e estabilidade por meio de um único parâmetro, o Pi.



O  $P_i$  é uma medida relativa de adaptabilidade e de estabilidade, pois é obtido a partir do quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima de cada ambiente, tem propriedade de variância, ponderando de maneira eficiente o comportamento dos genótipos ao longo dos ambientes (AMORIM et al., 2006). Neste método, os genótipos que apresentarem os menores valores de  $P_i$  são os mais estáveis e de maior adaptabilidade geral (BACKES et al., 2005).

Carneiro (1998) propôs a decomposição do estimador  $P_i$ , de maneira que também possa ser útil na obtenção de informações do comportamento dos genótipos em ambientes favoráveis ( $P_{if}$ ) e em ambientes desfavoráveis ( $P_{if}$ ), com objetivo de particularizar a recomendação de cultivares para ambientes favoráveis e desfavoráveis. Carneiro (1998) denominou o parâmetro de  $P_i$  como Medida de Adaptabilidade e Estabilidade do Comportamento (MAEC) (CRUZ, 2001). O método de Lin e Binns, modificado por Carneiro (1998), vem sendo muito utilizado em estudos de adaptabilidade e estabilidade, sendo recomendado quando se trabalha com número reduzido de ambientes (PAULA et al., 2010).

Para a formação de grupos de ambientes, os mesmos podem ser indexados pela média dos genótipos para obtenção do Índice ambiental ( $I_j$ ). Valores negativos de  $I_j$  indicam ambientes desfavoráveis, normalmente associados a regiões de condição climática e/ou edáficas adversa ou emprego de baixa tecnologia de produção. Valores positivos de  $I_j$  indicam ambientes favoráveis, com condições de solo e clima apropriadas para a cultura ou áreas de cultivo que empregam alta tecnologia de produção (CRUZ & REGAZZI, 2001).

Análises de adaptabilidade e estabilidade são muito utilizadas em estudos com a cultura do milho, para quantificar os níveis de interferência dos efeitos ambientais sobre os genótipos, identificando aqueles com comportamento previsível, com média elevada e que sejam responsivos, ou não, à melhoria ambiental, sobretudo para a produtividade de grãos. Porém, também vêm sendo adotadas na avaliação do comportamento de genótipos para outras características, como o teor de óleo em grãos (SANTOS et al., 2018), altura de plantas (ROSA et al., 2017), teor de carotenoides totais em grãos (RIOS et al., 2009), severidade de doença (ENGELSING, 2012) e capacidade de expansão em milho pipoca (NUNES et al., 2002). Entretanto, ainda não estão disponíveis referências sobre estudos de adaptabilidade e estabilidade para a composição química dos grãos de milho doce, especialmente dos teores de açúcares solúveis totais e da relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos a partir de variedades locais.

Além do uso no melhoramento genético, como ferramenta auxiliar nos testes comparativos, na recomendação de cultivares e na avaliação da necessidade de cultivo pontual ou regional, os estudos de interação GxA vêm sendo utilizados para embasar processos de IG por DO de produtos vegetais, como elementos comprobatórios da influência dos ambientes (país, cidade, região ou localidade de seu território) sobre as particularidades e/ou características de qualidade dos produtos (SILVA et al., 2016; RIBEIRO, 2013). A análise de interação GxA de variedades de cana-de-açúcar cultivada para produção de cachaça de alambique no município de Paraty, no estado do Rio de Janeiro (RJ), foram feitas a fim de contribuir com a obtenção da IG da cachaça de Paraty (SILVA et al., 2016). No processo de IG dos cafés da Mantiqueira, foram incluídos os resultados de estudos da interação GxA e efeitos da altitude de cultivo e tipos de processamento sobre a composição química, especialmente para cafeína, trigonelina e teor de sacarose dos grãos das variedades de café cultivadas na microrregião da Serra da Mantiqueira, no estado de Minas Gerais (MG) (RIBEIRO, 2013).

### 3.9. ANÁLISE DIALÉLICA

A análise dialélica tem por finalidade obter estimativas de parâmetro úteis na seleção de genitores, gerar informações quanto aos efeitos genéticos envolvidos na determinação de caracteres e orientar quanto aos procedimentos de seleção mais adequados para determinadas características (HALLAUER et al., 2010).

Entre as metodologias de análise dialélica mais comumente utilizadas estão a proposta por Gardner e Eberhart (1966), na qual são avaliados os efeitos de variedades e heterose varietal; a proposta por Haymam (1954), na qual são obtidas informações sobre mecanismos de herança, entre outras; e a proposta por Griffing (1956), pela qual são estimados os efeitos e as somas de quadrados dos efeitos da capacidade geral e específica de combinação (CRUZ & REGAZZI, 2001).

A metodologia de análise dialélica proposta por Griffing (1956) é classificada em quatro diferentes métodos experimentais, de acordo com a inclusão ou não dos genitores, híbridos F1's e recíprocos na análise. Hallauer et al. (2010) descreveram os métodos propostos por Griffing (1956) da seguinte maneira: a) Método 1, em que todas as  $p^2$  combinações são incluídas, ou seja, os genitores, os híbridos F1's e os recíprocos; b) Método 2, que envolve as  $p(p+1)/2$  combinações, faltando os recíprocos; c) Método 3, onde são

incluídas as  $p(p-1)$  combinações, faltando os genitores; e d) Método 4, que inclui as  $p(p-1)/2$  combinações, faltando genitores e recíprocos.

Cada um destes métodos pode ser analisado considerando um modelo fixo (modelo I) ou aleatório (modelo II), dependendo da natureza amostral dos genitores (CRUZ & REGAZZI, 2001). De acordo com Hallauer et al. (2010), no modelo I, o material experimental constitui a população inteira sobre a qual inferências válidas podem ser feitas, enquanto que, no modelo II, os genitores compõem uma amostra de uma população de referência e representam a população de genitores existentes na região alvo, o que permite inferências sobre a população da qual os genitores foram obtidos.

A avaliação da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) permite evidenciar que mesmo genitores com desempenho mediano podem resultar em progênies com elevado potencial (BOREM et al., 2017). A CGC proporciona informações sobre a concentração de genes com efeito aditivo (CRUZ & REGAZZI, 2001). Os valores baixos de CGC (positivos ou negativos) indicam que a capacidade combinatória de um genitor não difere da média geral da população dialélica e os valores elevados de CGC (positivos ou negativos) indicam que o genitor é superior ou inferior do que os demais genitores (CRUZ & REGAZZI, 2001). Os efeitos CEC são estimados com base no desvio do comportamento em relação ao que seria esperado na CGC, refletem a variância não aditiva, e é caracterizado pelo comportamento específico de uma variedade cruzada com outra. Baixos valores para CEC (positivos ou negativos) indicam que os híbridos F1's apresentam comportamento conforme esperado com base na CGC dos respectivos genitores, e valores elevados de CEC indicam que o comportamento de um híbrido é melhor ou pior do que o esperado com base na CGC (HALLAUER et al., 2010; CRUZ & REGAZZI, 2001).

Ao avaliar característica de espiga de milho doce, por meio de análise dialética, Tracy (2001) relatou efeito significativo das CGC e CEC para número de fileiras de grãos na espiga, peso e comprimento da espiga, indicando que efeitos aditivos e não aditivos estão envolvidos na expressão destes caracteres e as possibilidades de melhoramento intrapopulacional e interpopulacional. Teixeira et al. (2001) relataram a predominância de efeitos aditivos para peso de espiga entre famílias S<sub>3</sub> de milho doce, levando a indicação do uso da formação de população composta e melhoramento intrapopulacional. Ao avaliar o teor de sólidos solúveis totais e rendimento de grãos em milho doce e superdoce, com base nas

estimativas de CEC, Suzukawa et al., (2018), indicaram as linhagens com as melhores perspectivas de formação de híbridos para cinco locais.

Souza (2019) aplicou a análise dialélica no estudo da base genética de caracteres fenológicos, morfológicos e agrônômicos das variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC e comprovou a existência de variabilidade resultante da ação de efeitos aditivos e não aditivos para a maioria dos caracteres avaliados. Assim, evidenciou a viabilidade em desenvolver programas de seleção intrapopulacionais e interpopulacionais. Porém, inexistem informações sobre a CGC e CEC e do tipo de ação gênica para atributos de qualidade química dos grãos das variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZANZA, F.; TADMOR, Y.; KLEIN, B. P.; ROCHEFORD, R. T.; JUVIK, J. A. Quantitative trait loci influencing chemical and sensory characteristics of eating quality in sweet corn. *Genome*, v. 39, p. 40 – 50, 1996.

AZANZA, F.; JUVIK, J. A.; KLEIN, B. P. Relationships between sensory quality attributes and kernel chemical composition of fresh-frozen sweet corn. **Journal of Food Quality**, v. 17, p. 159 – 172, 1994.

AMORIM, E. P.; CAMARGO, C. E. de O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; PETTINELLI JR. A.; GALLO, P. B.; AZEVEDO FILHO, J. A. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de trigo no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 575-582, 2006.

BACKES, R. L.; ELIAS, A. T.; HEMP, S.; NICKNICH, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 309-314, April/June, 2005

BARROS, R. dos S.; MERINO, G. S. A. D.; FARIAS, V. R. de; MERINO, E. A. D. A indicação geográfica e o agricultor familiar: o papel do fator humano na valorização do produto final. In: Workshop Catarinense de Indicação Geográfica, VII, 2019. Florianópolis. **Anais...Florianópolis: EPAGRI**, 2018. p. 217-222.

BELLON, M.R. & BRUSH, S.B. Keepers of maize in Chiapas, Mexico. **Economic Botany**, New York, v. 48, n.2, p. 196-209, 1994.

BEVILAQUA, G. A. P. **Sementes crioulas: em busca do reconhecimento dos direitos dos agricultores guardiões**. 2012. Artigo em Hypertexto. Disponível em:< <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/artigo-sementes-crioulas-em-busca-do-reconhecimento-dos-direitos-dos-agricultores-guardioes>>. Acesso em: 08 de out. 2020.

BOEF, W. S.; OGLIARI, J. B. **Participatory crop improvement and informal seed supply: general introduction**. In: THIJSSSEN, M. H.; BISHAW, Z.; BESHIR, A.; BOEF, W. S. (Org.). *Farmers, seeds and varieties: supporting informal seed supply in Ethiopia*. 1ed. Wageningen: Wageningen International, v.1, p.177-185, 2008.

BOEF, W. S.; OGLIARI, J. B. **Seleção de Variedades e Melhoramento Genético Participativo**. In: BOEF, W. S.; THIJSSSEN, M. H.; OGLIARI, J. B.; STHAPIT, B. (Org.). *Biodiversidade e Agricultura: fortalecendo o manejo comunitário*. 1ed., Porto Alegre: L&PM, v.1, p.77-88, 2007.

BOREDDY, S. R.; GANESAN, K. N.; RAVIKESAVAN, R.; SENTHIL, N.; BABU, R. Genotype-by-environment interaction and yield stability of maize (*Zea Mays L.*) single cross hybrids. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 11, n. 1, p. 184-191, 2020. <https://doi.org/10.37992/2020.1101.032>.

BOREM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHER-NETO, R. **Melhoramento de Plantas**. 7 ed. Viçosa – MG: Ed. UFV, 2017.

BORGHEZAN, M. Análise dos critérios de caracterização de denominações de origem relacionadas ao setor agropecuário. In: Workshop Catarinense de Indicação Geográfica, VII, 2019. Florianópolis. **Anais...Florianópolis: EPAGRI**, 2018. p. 61-66.

BOYER; C. D.; SHANNON, J. C. **The Use of Endosperm Genes for Sweet Corn Improvement.** In: JANIK, J. Plant Breeding Review, AVI\_publishing Company. Westport, Connecticut v.1, p.139, 1983.

BRASIL, 2019. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Registro Nacional de Cultivares (RNC).** Disponível em:<[http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)> Acesso em: 23 jun. 2019.

BRASIL, 2017. Lei nº 13.562, de 21 de dezembro de 2017. Confere ao Município de Anchieta, no Estado de Santa Catarina, o título de Capital Nacional da Produção de Sementes Crioulas, Brasília, DF, 2017.

BRASIL, 2015. Lei nº 16.722 de 8 de outubro de 2015. Consolida as Leis que conferem denominação adjetiva aos Municípios catarinenses, Brasília, DF, 2015.

BRASIL, 2003. Lei nº 10.711 de 05 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/110.711.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.711.htm)>. Acesso em: 09 de novembro de 2020.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHER-NETO, R. **Melhoramento de plantas.** 7ª ed., Viçosa: UFV, 2017.

BRIGHENTI, A. F.; MARTIN, M. S. de; MASSIGNAM, A. M.; PASA, M. da S.; COUTO, M. F.; YURI, H. M. Atributos de qualidade da maçã cv. Fuji em diferentes altitudes na região de São Joaquim. In: Workshop Catarinense de Indicação Geográfica, VIII, 2019. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI, 2019. p. 101-106.

CANCI, A.; VOGT, J. A.; CANCI, I.J. **A Diversidade das espécies crioulas em Anchieta - SC.** São Miguel do Oeste: Ed.: Mclee, Brasil, p. 212. 2004.

CARNEIRO, P. C. S. Novas metodologias de adaptabilidade e estabilidade de comportamento. 1998. 168 f. **Tese** (Doutorado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, 1998.

CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA (CDB): Conferência para Adoção do Texto Acordado da CDB – Ato Final de Nairobi. Brasília: MMA/SBF, 2000.

CONTINI, E; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V de; MENDES, S. M. **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos.** EMBRAPA: Série Desafios do Agronegócio Brasileiro. EMBRAPA, 2019.

CLEMENT, C. R.; ROCHA, S. F. R.; COLE, D. M.; VIVAN, J. L. **Conservação on farm.** In: NASS, L. L. Recursos Genéticos Vegetais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007.

COSTA, F. M., SILVA, N. C. de A. & OGLIARI, J. B. Maize diversity in southern Brazil: indication of a microcenter of *Zea mays* L. **Genetic Resources and Crop Evolution.** v. 1, n. 20, 2016.

COSTA, F. M. Diversidade genética e distribuição geográfica: uma abordagem para a conservação on farm e ex situ e o uso sustentável dos recursos genéticos de milho do Oeste de Santa Catarina. 2013. 211f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis – SC.

COSTA, C. J.; ZIMMER, P. D.; VILLELA, F. A. Base celular da origem e desenvolvimento do endosperma. **Ciência Rural**. v. 13, n. 1, p. 226-246, 2011.

CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. **Milho: o produtor pergunta a Embrapa responde**. Brasília – DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2011.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed., Viçosa: UFV, 2001.

DESTRO, D.; MALTAVÁN, R. **Melhoramento Genético de Plantas**. Londrina: UEL, 1999, p. 820.

DOEBLEY, J. F.; HLTIS, H. H. Taxonomy of Zea (Gramineae) I. A subgeneric classification with key to taxa. **Amer J Bot.**, v. 67, 1980.

DORTZBACH, D.; VIEIRA, V. F.; TRABAQUINI, K. Indicações geográficas catarinenses: delimitação da área. In: VIII Workshop Catarinense de Indicação Geográfica, 2019, Florianópolis, SC. **Anais...**Florianópolis: EPAGRI, 2019. p. 34 -38.

ENGELSING, M. J.; COIMBRA, J. L. M.; VALE, N. M. do; BARILI, L. D.; STINGHEN, J. C.; GUIDOLIN, A. F. & BERTOLDO, J. G. Adaptability and stability in maize: grain yield vs severity of gray leaf spot. **Ciências Agroveterinárias**. Lages, v. 11, n. 2, p. 106-117, 2012.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2019. **Conheça as indicações geográficas dos produtos de Santa Catarina**. Disponível em:< <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2019/09/25/conheca-as-indicacoes-geograficas-igs-dos-produtos-catarinenses/>> Acesso em: 18 de abril de 2020.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2020. Queijo Artesanal Serrano recebe IG Campos de Cima da serra. Disponível em:< <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/03/06/queijo-artesanal-serrano-recebe-ig-campos-de-cima-da-serra>> Acesso em: 09 de novembro de 2020.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Edinburgh: Longman Group Limited, 1996. 464 p.

FONSECA, M. A. J. Recursos genéticos e melhoramento de hortaliças para e com a agricultura familiar. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, n. 4, v. 32, out-dez, 2014.

GABALDÓN-LEAL, C. WEBBER, H.; OTEGUI, M. E., SLAFER, G. A.; ORDÓNEZ, R. A.; GAISER, T.; LORITEA, I. J.; RUIZ-RAMOS, M.; EWERT, F. Modelling the impact of heat stress on maize yield formation. **Field Crops Research**, v. 198, p. 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.08.013>.

GARBUGLIO, D. D. **Implicações da Interação G X A no melhoramento**. In: LIMA, R.; BOREM, A. Melhoramento de Milho. Viçosa: UFV, 2018. cap. 7, p. 160-185.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.9, p.463-493, 1956.

HALLAUER; R. A.; CARENA, M. J.; MIRANDA, J. B. **Quantitavi genetics in maize breeding**. New York: Springer, 2010.

INCA. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. 2020. **Opções de políticas e recomendações sobre alternativas economicamente sustentáveis para o cultivo do tabaco**. Rio de Janeiro: INCA, 2016. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/bvscontrolecancer/publicacoes/edicao/artigo%2017%20e%2018.pdf>. Acesso em: 29 de julho de 2020.

INPI. Instituto Nacional De Propriedade Industrial. 2018. **Indicações Geográficas 2018**. Disponível em: < <http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/indicacao-geografica>>. Acesso em 18 de abril de 2020.

INPI. Instituto Nacional De Propriedade Industrial. 2020a. **Indicações Geográficas: Indicações de Procedência Reconhecidas, 2020**. Disponível em: < <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/indicacoes-geograficas/guia-basico>> Acesso em 09 de novembro 2020.

INPI. Instituto Nacional De Propriedade Industrial. 2020b. **Indicações Geográficas: Denominação de Origem reconhecidas, 2020**. Disponível em: < <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/indicacoes-geograficas/guia-basico>> Acesso em 09 de novembro 2020.

INPI. Instituto Nacional De Propriedade Industrial. 2018. **Instrução Normativa INPI nº 095, de 28 de dezembro de 2018**. Disponível em:< <http://antigo.inpi.gov.br/menu-servicos/indicacao-geografica/legislacao-indicacao-geografica-1>> Acesso em: 10 de novembro de 2020.

KHAN, Z. H.; KHALIL, S. K.; ALI, F.; ISLAM, B.; IQBAL, A.; ULLAH, I.; ALI, M.; SHAH, F. Variations in planting dates of sweet corn affects its agronomic traits via altering crop micro-environment. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 27, n. 7, p. 4822-4829, 2018.

KWIATKOWSKI, A; CLEMENT, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Maringá, v. 1, n. 2, 2007.

LIMA, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de Milho**. Viçosa: UFV, 2018. cap. 7, p. 160-185.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, jan. 1988.

LIU, Z.; YANG, XH.; FU, Y.; ZHANG, Y.; YAN, J.; SONG, T.; ROCHEFORD, T.; LI, J. Proteomic analysis of early germs with high-oil normal inbred lines in maize. **Molecular Biology Reports**, v. 36, p. 813-821, 2009.

LOUETTE, D.; CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. In Situ conservation of maize in Mexico: Genetic diversity and Maize seed management in a traditional community. **Econ. Bot.**, v. 51, p. 20–38, 1997. Disponível em :<<https://doi.org/10.1007/BF02910401>>. Acesso em: 08 de out de 2020.

MACHADO, A. T. Construção histórica do melhoramento genético de plantas: do convencional ao participativo. **Rev. Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 1, 2014.



MACHADO, A.T.; SANTILLI, J.; MAGALHÃES, R. **A agrobiodiversidade como enfoque agroecológico: implicações conceituais e jurídicas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

MALOSETTI, M.; RIBAUT, J. M.; VAN EEUWIJK, F. A. The Statistical Analysis of Multi-environment Data: Modeling Genotype-by-Environment Interaction and its Genetic Basis. **Frontiers in Physiology**, v. 4, n. 1, 2013.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azucar. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronomica del Nordeste Argentino**, Tucuman v.13, n.14, p.105-107, 1976.

MARIZ, B. L.; GUIMARÃES, L. J. M.; SILVA, K. J. da; MEIRELLES, W. F. M.; TARDIN, F. D.; MACHADO, A. T.; MARTINS, D. C. Desempenho de cultivares de milho de baixo custo de sementes na safrinha 2016. Seminário Nacional Milho Safrinha XIV, 2017, Cuiabá. **Anais...Cuiabá – MT: Funadação MT**, 2017, p. 364-369.

MATSUOKA, Y.; VIGOUROUX, Y.; GOODMAN, M. M.; SÁNCHEZ, J. J.; BUCKLER, E., DOEBLEY, J. F. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. **Proc Natl Acad Sci, USA**, 99:6080–6084, 2002.

MAXTED, N., FORD-LLOYD, B. V.; HAWKES, J. G. Complementary conservation strategies. In: MAXTED, N., FORD-LLOYD, B. V.; HAWKES, J. G. *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach*, p. 15–40. Chapman and Hall, London, 1997.

MCCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; OWENS, H. S. Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

MEZZACAPPA, M. P. **Melhoramento do Milho Doce**. Anais da E. S. A. Luiz de Queiroz. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v9/19.pdf>. Acesso em: 23 de jul., 2018.

MIRANDA-PEIXOTO, C. O milho: o rei dos cereais – da sua descoberta há 8000 anos até as plantas transgênicas. **Seed News.**, 2002. Disponível em <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed62/milho62.shtml>>. Acesso em: 01 de agosto de 2018.

MÔRO, G. V. **Histórico do Melhoramento Genético do Milho**. In: LIMA, R. & BORÉM, A. *Melhoramento de Milho*. Viçosa: UFV, 2018. cap. 1, p. 9-19.

NASS, Luciano Lourenço. **Recursos Genéticos Vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. cap. 8. p. 281-305.

NUNES, H. V.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C.; de SOUZA, C. V.; GUIMARÃES, L. J. M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 3, p.78-88, 2002.

OGLIARI, J. B. **Agricultoras e seus processos de diversificação de variedades crioulas de milho pipoca**. In: Cuadernos de la Biored Iberoamérica (CYTED). Cuaderno 7. Merida: Universidad Politécnica Territorial de Merida, 2019.

OGLIARI, J. B.; KIST, V; CANCI, A. **The participatory genetic enhancement of a local maize variety in Brazil**. In: Walter de Boef, Nivaldo Peroni, Abishkar Subedi, Marja

Thijssen, Elizabeth O’Keeffe. (Org.). *Community Biodiversity Management. Promoting Resilience and the Conservation of Plant Genetic Resources*. 1ed. Abingdon: Routledge, 2013a.

OGLIARI, J. B.; SOUZA, R.; KAMPHORST, S. H.; GONÇALVES, G. M. B.; CANCI, A.; LAZZARI, L. Manejo e uso participativo de variedade crioula de milho como estratégia de conservação: experiência do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade no Oeste de Santa Catarina. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, nov., 2013b.

OGLIARI, J. B.; ALVES, A. C. Manejo e uso de variedades de milho como estratégia de conservação em Anchieta. In: Boef, W. S. et al. **Biodiversidade e agricultores: fortalecendo o manejo comunitário**. Porto Alegre: L&MP, p. 220-234, 2007.

OKUMURA, R. S. et al. Sweet corn: Genetic aspects, agronomic and nutritional traits. **Brazilian Journal of Applied Technology For Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.6, n.1, p.105-114, jan-abr. 2013.

PANDEY, N.; HOSSAIN, F.; KUMAR, K.; VISHWAKARMA, A. K.; MUTHUSAMY, V. SUPRADIP, S.; AGRAWAL, P. K.; GULERIA, S. K.; REDDY, S. S.; THIRUNAVUKKARASU, N.; GUPTA, H. S. Molecular characterization of endosperm and amino acids modifications among quality protein maize inbreds. **Plant Breeding**, v. 135, p.47–54, 2016. doi:10.1111/pbr.12328.

PAES, M. C. D.; BARBOSA, N. A. **Valor nutricional, tecnologia e processamento de milho doce**. In: PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. **O cultivo do Milho-doce**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Circular Técnica nº 75. Dez, 2006. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, dez, 2006.

PAIVA, A. P. M. Cruzamentos entre linhagens tropicais de milho doce e testadores com introgressão de germoplasma temperado. 2014, 105f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP), Botucatu, SP, 2014.

PARENTONI, S. N. et al. Milho Doce. **Rev. Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v. 14, n. 165, p. 17-22, 1990.

PARK, D. N.; ARAYA, L. H. **Fibra dietética Y obesidad**. In: LAJOLO, F. M.; SAURACALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. (Ed.). **Fibra dietética en iberoamérica: tecnología y salud**. São Paulo: Livraria Varela, cap.27. 2001.

PEDROTTI, A.; HOLANDA, F.S.R.; MANN, E.N.; AGUIAR NETTO, A.O.; BARRETO, M.C.V.; VIEGAS, P.R.A. **Parâmetros de produção do milho-doce em sistemas de cultivo e sucessão de culturas no Tabuleiro Costeiro Sergipano**. In: Seminário de Pesquisa FAP-SE, Sergipe. Anais... Sergipe: FAP, 2003.

PEREIRA, A. F.; MELO, P. G. S.; PEREIRA, J. M.; ASSUNÇÃO, A. NASCIMENTO, A. dos R.; XIMENES, P. A. Caracteres agrônômicos e nutricionais de genótipos de milho doce. **Biosci. J.** Uberlândia, MG. v. 25, n. 1, p. 104-112, 2009.

PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. **O cultivo do Milho-doce**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos**. Documentos ISSN 15184277; 251. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Milhos especiais: alternativas para agregar valor. **DBO Agrotecnologia**, set-out, 2009. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61041/1/Milhos-especiais.pdf>>. Acesso em: 31 de julho de 2020.

PAULA, T. O. M.; AMARAL JR., A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SCAPIM, C. A.; PETERNELLI, L. A. & SILVA, V. Q.R. Pi statistics underlying the evaluation of stability, adaptability and relation between the genetic structure and homeostasis in popcorn. **Acta Scientiarum Agronomy** Maringá, v. 32, n. 2, p. 269-277, 2010.

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

REBOLLAR, P. B. M.; SIEWERT, R. Levantamento histórico e cultural para indicação geográfica da banana da região de Corupá. In: VIII Workshop Catarinense de Indicação Geográfica, 2019, Florianópolis, SC. **Anais...Florianópolis: EPAGRI**, 2019. p. 34 -38.

REICHERT JR., F. W.; SOUZA, R. de, PINTO, T. T.; RECHSTEINER, O. M.; SELEDES, R. M.; AVILA, L. N. V.; OGLIARI, J. B. **Diversity of crops conserved by family farmers in the extreme West of Santa Catarina, Southern Brazil**. In: MOSSI, A. J.; PETRY, C.; REICHERT JR. F. W. *Agroecology: insights, experiences and perspectives*. Nova Science Publishers, New York, 2020.

RIBEIRO, Interação genótipo e ambiente na composição química e qualidade sensorial de cafés especiais em diferentes formas de processamento. 2013, 62f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFL), Lavras, MG, 20,13.

RIOS, S. de A.; BORÉM, A.; PAES, M. C. D.; EVARISTO, P. Adaptability and stability of carotenoids in maize cultivars. **Cropp Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, p. 313-319, 2009.

ROSA, G. F.; Oliveira, D. de A.; Silva, F. de L.; Segri, N. J.; Hongyu, K. Verificação da adaptabilidade e estabilidade em milhos pelo método AMMI. **Biodiversidade**, v. 16, n. 3, p. 68, 2017.

SANTOS, W. F. dos; AFFÉRI, F. S.; PELÚZIO, J. M.; SILVA, R. M da; FARIA, L. A. de & SODRÉ, L. F. Genotype x environment interaction for corn oil content in different fertilizing and seasons. **Journal of Bioenrgy and Food Science**, v. 5, n. 1, p.22-31, 2018. doi: 10.18067/jbfs.v5i1.176.

SELEDES, R. M. et al. Caracterização fenotípica de milho-pipoca conservado *in situ-on farm* no Extremo Oeste de Santa Catarina. **Rev. Agropecuária Catarinense**, v.32, n.3, p.56-61, set./dez. 2019.

SILVA, G. L. de S.; PEREIRA, M. B.; SANTOS, M. L. dos. Caracterização genética e fenotípica da cana-de-açúcar (*saccharum* sp.) utilizada na área delimitada pela indicação geográfica da cachaça de Paraty-RJ. Fórum da Pós-Graduação da Universidade Federal Rural

do Rio de Janeiro, XI, 2016. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016.

SILVA, N. C. de A. Conservação, diversidade e distribuição de variedades locais de milho e seus parentes silvestres no Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil. 2015. 228f. **Tese** (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.

SILVA, N. C. de A.; OGLIARI, J. B. Milho Pipoca: mulheres agricultoras conectando o passado e o presente. **Rev. Agricultoras**, v. 12, n. 4, dez de 2015.

SILVA, N. C. DE A.; VIDAL, R. & OGLIARI, J. B. New popcorn races in a diversity microcenter of *Zea mays* L. in the Far West of Santa Catarina, Southern Brazil. **Rev. Genetic Resources and Crop Evolution**, 1-20, 2016.

SOUZA, R. DE.; PINTO, T. T.; OGLIARI, J. B. Analysis of on farm conservation of sweet corn in a diversity microcenter of *Zea mays* L. in Southern Brazil. **Maydica**, v. 65, n. 01, 2020.

SOUZA, R. de. Diversidade de variedades crioulas de milho doce e adocicado conservadas por agricultores do Oeste de Santa Catarina. 2015. 190f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.

SOUZA, R. de. Variedades locais de milho doce do Extremo Oeste de Santa Catarina: Caracterização, potencial agrônomo e estudo de base genética. 2019. 178f. **Tese** (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.

SOUZA, S. M. de; PAES, M. C. D.; TEIXEIRA, F. F. **Milho Doce: origem de mutações naturais**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

SOUZA, G. M.; BARBOSA, A. de M. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. **Visão Agrícola** – ESALQ/USP, n.13, 2015. Disponível em: <[https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA\\_13\\_Fisiologia-artigo3.pdf](https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo3.pdf)> Acesso em: 30 de maio de 2020.

STURTEVANT. L. Notes on Maize. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, vol. 21, n. 8, ago. 1894. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2477991>. Acesso em: 22 jun. 2018.

SUZUKAWA, A. K.; PEREIRA, C. B.; GARCIA, M. M.; SOTO, R. I. C.; ZEFFA, D. M.; COAN, M. M. D. & SCAPIM, C. A. Diallel analysis of tropical and temperate sweet and supersweet corn inbred lines. **Rev. Ciência Agronômica**, v. 49, n. 4, p. 607-615, out-dez, 2018.

TEIXEIRA, F. F.; GUIMARÃES, C. T.; PINTO, M. de O.; PEREIRA FILHO, I. A.; COELHO, R. S.; ARAÚJO, G dos R.; PONTELLO, I. de O. **Catálogo de Acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Milho com Grãos do Tipo Doce**. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas- MG, 2019.

TEIXEIRA, F. F.; MIRANDA, R. A. DE; PAES, M. C. D.; SOUZA, S. M. de; GAMA, E. E. G. **Melhoramento de Milho Doce**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013.

TEIXEIRA, F. F.; SOUZA, I. R. P.; GAMA, E. E. G.; PACHECO, C. A. P.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; MEIRELLES, W. F. Avaliação da capacidade de combinação entre

linhagens de milho doce. **Rev. Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 483–488. 2001.

TRACY, W. F. **Sweet corn**. In: Hallauer, A.R. Specialty corn. Boca Raton, p.155-198, 2001.

UMBREIT, W.W. & BURRIS, R.H. **Method for glucose determination and other sugars**. Manometric techniques. I<sup>o</sup> Edition. Burgess Publishing Co. 1964.

USDA. United States Department of Agriculture. 2020. Health benefits of sweet corn. In: Base de dados nacional de nutrientes do USDA. Disponível em:< <https://ansfoods.com/sweet-corn/>>. Acesso em: 22 de agosto de 2020.

USDA. United States Department of Agriculture. 2020. U.S. Sweet Corn Statistics. Disponível:<<https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/1r66j112r?locale=en>> Acesso em: 22 de agosto de 2020.

VALENTE, M. E. R.; PEREZ, R.; FERNANDES, L. R. R. de M. V. O processo de reconhecimento das indicações geográficas de alimentos e bebidas brasileiras: regulamento de uso, delimitação da área e diferenciação do produto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 7, p. 1330-1336, julho, 2013.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, Revista Brasileira de Genética, 1992.

VIDAL, R.; SILVA, N C. A.; OGLIARI, J. B. Causas de la perdida de variedades criollas de maíz em el estado de Santa Catarina, Sur del Brasil. In: XXV Congresso Nacional e V Intercacional de Fitogenética, 2014, San Luis Potosi. **Anais...** San Luis Potosi, México, 2014.

VIEIRA, A. C. P.; WATANABE, M.; BRUCH, K.L. Perspectives vitiviniculture development in view of the recognition of geographical indication Vales da Uva Goethe. **Revista Geintec**, São Cristóvão/SE, v. 2, n. 4, p. 327-343, 2012. Doi: 10.7198/S2237-0722201200040001.

VOGT G. A.; CANCI I. J. & CANCI A. **Uso e manejo de variedades locais de milho em Anchieta (SC)**. *Agriculturas*, v. 4, n° 3, out. 2007.

YAMAMOTO, E. L. M. Interação genótipos x ambientes e variação espacial em experimentos de avaliação de genótipos de milho no Brasil Central. 2018. 139f. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, Dourados.

ZAJONZ, B. T.; VILLWOCK, A. P. S.; SILVEIRA, V. C. P. A fumicultura brasileira e as políticas públicas associadas ao Programa Nacional de Diversificação em Áreas Cultivadas com Tabaco. **Revista Nera**, Presidente Prudente – SP. v. 20, n. 17, 2017. ISSN: 1806-6755

ZEVEN, A. C. Landraces: A review of definitions and classifications. **Euphytica**, v. 104, p. 127-139, 1998.

ZILIC, S.; MILASINOVIC, M.; TERZIC, D.; BARAC, M.; IGNJATOVIC-MICIC, D. Grain characteristics and composition of maize specialty hybrids. **Spanish Journal of Agricultural Research**. v. 9, n. 1, p. 230-241, 2011.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. WIPO. Intellectual Property Handbook: Policy, Law and Use. **World Intellectual Property Organization**, n. 489. 2<sup>a</sup> ed. 2004.

## 5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação, intitulada “Potencial genético de variedades locais de milho doce do Extremo Oeste de Santa Catarina e de populações derivadas para atributos de qualidades química dos grãos” está estruturada em dois capítulos. O primeiro foi intitulado “Estudo da interação genótipo x ambiente de variedades locais de milho doce do Extremo Oeste de Santa Catarina para qualidade química dos grãos como subsídios para a Indicação Geográfica”. O objetivo deste capítulo foi caracterizar as variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC quanto á porcentagem de açúcares solúveis totais e a relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos, avaliar os efeitos da interação genótipo x ambientes e a adaptabilidade e estabilidade para estas características, a fim de gerar subsídios para a Indicação Geográfica. Para tanto, foram avaliadas nove variedades de milho doce *sugary1* em quatro experimentos, sendo três no extremo Oeste e um no Litoral catarinense. O segundo capítulo foi intitulado “Análise dialélica de variedades locais de milho doce para caracteres de qualidade química dos grãos”. O objetivo deste capítulo foi avaliar a capacidade de combinação de variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC, por meio de análise dialélica, para a porcentagem de açúcares solúveis totais; porcentagem de amido e para a relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos. Para tanto, foram avaliados 21 genótipos de milho doce *sugary1*, sendo seis genitores e 15 híbridos intervarietais F1's, em dois experimentos conduzidos nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, no Extremo Oeste de Santa Catarina. Ambos os capítulos foram desenvolvidos para serem artigos, por esse motivo, algumas informações são redundantes com relação à Revisão bibliográfica e Material e métodos.

## 6 CAPÍTULO I - ESTUDO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE DE VARIEDADES LOCAIS DE MILHO DOCE DO EXTREMO OESTE DE SANTA CATARINA PARA QUALIDADE QUÍMICA DOS GRÃOS COMO SUBSÍDIO PARA A INDICAÇÃO GEOGRÁFICA

### 6.1. RESUMO

Variedades locais de milho doce são cultivadas no Extremo Oeste de Santa Catarina (EOSC), reconhecido como um microcentro de diversidade de *Zea mays* L., embora se encontram em constante ameaça de erosão genética. A Indicação Geográfica (IG) é um instrumento de valorização de produtos e serviços e pode ser uma ferramenta de estímulo à conservação destas variedades. O meio geográfico está entre os elementos necessários para a IG, pois pode influenciar características de qualidade do produto. O objetivo do presente capítulo foi caracterizar variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC para a porcentagem de açúcares solúveis totais e a relação entre açúcares solúveis totais e amido, bem como avaliar os efeitos da interação genótipo x ambiente, adaptabilidade e estabilidade para estas características sob diferentes altitudes. Para tanto, amostras de milho, em estágio de grão leitoso, de sete variedades locais (VL's) e duas testemunhas foram obtidas a partir de três experimentos conduzidos no EOSC - dois em Anchieta (422 e 717 m) e um em Guaraciaba (624 m) - e um quarto experimento conduzido em Florianópolis (5 m). O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com duas repetições. Foram avaliadas a porcentagem de açúcares solúveis totais (AST) e a relação entre açúcares solúveis totais e amido (AST/AM) na matéria seca dos grãos. As análises de variância individual e conjunta apontaram que as variedades, os ambientes e o efeito associado à interação GxA diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ) para ambas as variáveis. As VL's de milho doce *sugary1* apresentaram elevadas AST e AST/AM. Os ambientes influenciaram na expressão destas características, sendo que as VL's apresentaram os melhores resultados quando cultivadas nas altitudes do EOSC. A análise de adaptabilidade e estabilidade apontou que as VL's apresentaram adaptação geral, no entanto seu comportamento médio para as características avaliadas é mais estável na região de origem (no EOSC). Estes resultados indicam que a qualidade química dos grãos das VL's de milho doce *sugary1* do EOSC se deve, essencialmente, ao meio geográfico. Estes resultados comprovam uma dependência das características do produto do "saber fazer" na seleção das sementes pelos atores locais e do ambiente do microcentro de diversidade de *Zea mays* L. do EOSC, podendo resultar numa IG na modalidade Denominação de Origem.



**Palavras-chave:** *Zea mays* L., açúcares solúveis totais, meio geográfico, denominação de origem.

## 6.2. INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* L.) é considerado uma hortaliça dentre os diferentes tipos de milhos especiais, pois suas espigas são colhidas em estágio de grãos leitoso, quando é denominado milho verde. Os Estados Unidos é o país que concentra a maior área cultivada com milho doce do mundo, com cerca de 110 mil hectares (USDA, 2020), sendo que a maior parte da produção é destinada para o consumo *in natura*. No Brasil, a produção comercial é menos representativa, ocupa pouco mais de 41 mil hectares (TEIXEIRA et al., 2013), e a produção é destinada, na sua maioria, para indústria de milho verde em conserva (PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016).

Embora o milho doce apresente características sensoriais mais agradáveis em relação a outros tipos de milho, como a maior concentração de açúcares, pericarpo fino e endosperma com textura delicada, o milho comum ainda é o mais utilizado para a produção de milho verde (PARENTONI, et al., 1990). Em razão de novos padrões de consumo e exigências relacionadas ao paladar, a indústria de milho verde vem trocando milho verde obtido do milho comum pelo milho doce, incentivando o aumento da sua produção (CAMILO et al., 2015; KIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007). A demanda crescente da indústria e do consumo *in natura* tem estimulado a expansão do mercado do milho doce no Brasil. Um dos fatores que impedem que esse mercado se desenvolva mais rapidamente é a falta de variedades adaptadas às condições brasileiras (PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016; PAIVA, 2014).

Variedades locais ou crioulas (*landraces*) de milho doce são cultivadas no Extremo Oeste de Santa Catarina (EOSC), no Sul do Brasil, por agricultores familiares (SOUZA, 2019). Esta região é reconhecida como um microcentro de diversidade de *Zea mays* L., em razão da presença de mais de 1.500 variedades locais de diferentes tipos de milho e de populações de seu parente silvestre (teosinto) em uma área geográfica de 558 Km<sup>2</sup>, nos municípios de Anchieta e Guaraciaba/SC (COSTA et al., 2016; SILVA et al., 2015). O município de Anchieta, no EOSC, também é reconhecido como Capital Nacional da Produção de Sementes Crioulas (BRASIL, 2017) e como Capital Estadual do Milho Crioulo (BRASIL, 2015). Além do inestimável valor de uso para os agricultores da região, as variedades locais de milho do EOSC apresentam elevado potencial para exploração econômica (SOUZA, 2019; GONÇALVES, 2016) e para o melhoramento genético (SOUZA, 2019; SELEDES et al.

2019; COSTA et al., 2016; GONÇALVES, 2016). No entanto, a diversidade destas variedades encontra-se ameaçada, como consequência de vários fatores que contribuem para a erosão genética (REICHERT JR. et al., 2020; SOUZA et al., 2020; OGLIARI, 2019; VIDAL et al, 2014; SILVA, 2015).

O milho doce apresenta maior risco de erosão genética no EOSC, em consequência da idade avançada dos mantenedores das sementes, dos distúrbios climáticos frequentes na região (como seca e granizo) (SOUZA et al., 2020), do número reduzido de espigas selecionadas para compor a próxima safra, da possibilidade de perda do fenótipo doce causada pela polinização de outros tipos de milho (SOUZA et al., 2015). A realização de estudos de caracterização deste germoplasma local, assim como a exploração de suas potencialidades econômicas por meio da Indicação Geográfica (IG), são duas estratégias sugeridas por Ogliari (2019) para minimizar os riscos de erosão genética no microcentro de diversidade do EOSC.

A IG é instrumento de valorização de produtos ou serviços, cujas qualidades específicas, atribuídas pela origem geográfica, são reconhecidas através de um selo concedido pelo Instituto de Propriedade Industrial (INPI). A Denominação de Origem (DO) é uma das categorias de IG e designa um produto ou serviço, cujas características são atribuídas à sua origem, sendo diferenciado por condições climáticas, características de solo, relevo e do fator humano (INPI, 2018). Além de ser uma ferramenta de competitividade no mercado, gera benefícios econômicos, sociais (BORGHEZAN, 2018) e ambientais, através da agregação de valor aos produtos, da geração de empregos, da preservação das tradições locais (BARROS et al., 2019), da preservação do conhecimento tradicional e da conservação da biodiversidade (OGLIARI, 2019). Entre os documentos necessários para compor um dossiê de IG por DO, junto ao INPI, órgão responsável pelo estabelecimento das condições para os registros, está a descrição das qualidades e particularidades do produto ou serviço que se devem (exclusiva ou essencialmente) ao meio geográfico, incluindo fatores naturais e humanos (WIPO, 2020).

A qualidade do milho doce é avaliada, em parte, pela qualidade dos grãos, com base em propriedades físicas e químicas. A qualidade física é avaliada, principalmente, pela textura do endosperma e espessura e maciez do pericarpo (KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007). A qualidade química é avaliada, principalmente, pela concentração de carboidratos (açúcares e amido) (FERREIRA, 2016; KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007; PEREIRA, 1987). A elevada concentração de açúcares solúveis totais e a baixa concentração de amido no milho com fenótipo doce ocorrem em razão da presença de genes mutantes que afetam a síntese de

amido e conferem o sabor doce nos grãos (TRACY, 2001), sendo este o principal fator para a sua comercialização (PEDROTTI et al., 2003).

As características de qualidade ou atributos de um determinado produto agrícola são manifestações fenotípicas, decorrentes da ação do genótipo sob a influência do meio ambiente (CRUZ & REGAZZI, 2001; BOWMAN, 1972). Por esse motivo, a avaliação dos efeitos da interação genótipo x ambiente (GxA) pode ser utilizada para contribuir no embasamento de IG's por DO de produtos vegetais, como elementos comprobatórios da influência do meio geográfico sobre as particularidades e/ou características de qualidade dos produtos. Com essa finalidade, Silva et al. (2016) estudaram a interação GxA de variedades locais de cana-de-açúcar em dois locais no estado do Rio de Janeiro (RJ), em Paraty e Campos dos Goytacazes, com intuito de gerar informações para a IG da cachaça de Paraty. Riberio (2013) avaliou a interação GxA de dois genótipos em diferentes altitudes da Serra da Mantiqueira em Minas Gerais (MG) e sob diferentes tipos de processamento para a qualidade química de grãos de café, a fim de contribuir para a IG dos cafés da Mantiqueira.

Recentemente, Souza (2019) relatou a influência da altitude de cultivo sobre o comportamento das variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC, utilizadas para produção de milho verde nesta região. Em seu estudo, Souza (2019) constatou que a amplitude de altitudes entre o Litoral catarinense e o EOSC refletiu em variações morfológicas, agronômicas e fenológicas destas variedades, especialmente em razão das diferenças de temperatura entre as regiões, no entanto, a amplitude de altitude dentro do EOSC não influenciou a maioria dos caracteres avaliados. Souza (2019) relatou que as práticas de manejo e seleção dos agricultores são importantes componentes geográficos relativos ao fator humano relacionados com as características do milho doce desta região, especialmente com ciclo de cultivo e estabilidade produtiva e adaptação aos agroecossistemas regionais.

No entanto, os efeitos da variação da altitude de cultivo sobre a qualidade química dos grãos das variedades locais de milho *sugary1* do EOSC utilizadas para a produção de milho doce ainda não foram esclarecidos. Com base nessas considerações, o presente capítulo teve por objetivo caracterizar as variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC quanto a porcentagem de açúcares solúveis totais e a relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos, avaliar os efeitos da interação genótipo x ambientes e a adaptabilidade e estabilidade para estas características, a fim de contribuir para a IG do milho doce de variedades locais do microcentro de diversidade de *Zea mays* L. do EOSC.

### 6.3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 6.3.1. Material vegetal

O material vegetal avaliado no presente estudo foram amostras de grãos imaturos, em estágio de grão leitoso, de nove variedades de milho doce portadoras do genótipo *sulsul* para o fenótipo doce, sendo sete variedades locais (VL's) procedentes do EOSC e duas testemunhas (BR401 e Doce Cubano) (Tabela 2). BR401 é uma variedade melhorada de polinização aberta desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Doce Cubano é um acesso do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de milho da mesma instituição.

**Tabela 2.** Identificação (IDV), nome, procedência e altitude de procedência de nove variedades de milho com genótipo *sulsul* para o fenótipo doce.

IDV <sup>1</sup>	Nome da variedade <sup>2</sup>	Procedência <sup>3</sup>	Altitude de procedência (m)
2255A	Branco Doce	ANC	833
2514A	Branco Doce	ANC	800
3000A	Milho verde	ANC	693
319A	Comum	GBA	648
2276A	Doce	ANC	607
2029A	Doce	ANC	568
741B	Branco	GBA	515
BR401	Doce de Ouro	Embrapa	-
Doce Cubano	Doce Cubano	BAG – Embrapa <sup>4</sup>	-

<sup>1</sup> IDV – Identificação da Variedade; <sup>2</sup> Nome da variedade local, atribuído pelo agricultor ou nome da cultivar/acesso; <sup>3</sup> Procedência: ANC – Anchieta, GBA – Guaraciaba e Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; <sup>4</sup> Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa. Adaptado de Souza (2019).

As variedades locais avaliadas no presente estudo fazem parte de um conjunto total de 13 variedades de milho doce conservadas *in situ*-on farm no EOSC, que foram coletadas por integrantes do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade da Universidade Federal de Santa Catarina (NEABio/UFSC), junto aos mantenedores dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, entre os anos de 2011 e 2016. Estas variedades foram caracterizadas e encontram-se armazenadas no Banco Ativo de Germoplasma de Milho da UFSC (SOUZA, 2019; SOUZA, 2015). As sete variedades locais selecionadas para fazer parte desta pesquisa representam a diversidade genética referência de milho doce presente em dois municípios (Anchieta e Guaraciaba) do EOSC (com grau de confiança de 95%), para as seguintes características: peso de espigas, número de grãos por fileira; comprimento de espigas; e peso de grãos. Tal resultado foi obtido por meio da fórmula:  $n = \frac{t(0,05;GL)^2 \cdot S^2}{\bar{y} - \mu}$ , em que S<sup>2</sup>: variância

da população;  $\mu$ : média da população; e  $\bar{y}$ : média da amostra (COCHRAN, 1977). O resultado foi ajustado para população finita, utilizando a fórmula:  $n' = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}$ , em que N: tamanho da população finita (BARTLETT et al., 2001).

### 6.3.2. Técnicas experimentais

As amostras de grãos para as análises bioquímicas foram obtidas a partir de quatro experimentos, dentre os quais três foram conduzidos na região de origem das VL's (EOSC) - dois no município de Anchieta (ANC) e um terceiro no município de Guaraciaba (GBA) - e um quarto experimento foi conduzido no município de Florianópolis (FLP), fora da região de origem das VL's. Em ANC, os experimentos foram conduzidos em altitudes de 717 (L1) e 422 metros (L3); em GBA, a 624 metros (L2); em Florianópolis, a 5 metros (L4). Os municípios de ANC e GBA, localizados na microrregião EOSC, apresentam temperatura média anual de 17,8 °C, precipitação pluviométrica anual em torno de 1.700 a 2.000 mm. O município de Florianópolis está situado no Litoral catarinense, com temperatura média anual de 24,0°C e precipitação anual variando de 1270 a 1600 mm (IBGE, 2010).

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, contendo duas repetições e parcelas representadas por duas fileiras de quatro metros lineares de comprimento, espaçadas em 1,0 m entre si e densidade de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A área útil de 2 m<sup>2</sup> foi constituída pela parte central das duas fileiras e a partir da qual foi obtida uma amostra de grãos de cinco espigas aleatórias de cada tratamento, polinizadas manualmente.

A polinização assistida iniciou com a proteção das espigas antes do florescimento feminino com saco plástico. No estágio de florescimento masculino, os pendões foram protegidos com saco de papel *kraft*, para a coleta de pólen. As espigas foram polinizadas de forma manual por um *bulk* de pólen coletado de várias plantas da mesma variedade. A polinização manual foi realizada com objetivo de evitar a contaminação com pólen de outras variedades, tendo em vista que diferentes variedades foram cultivadas na mesma área.

As espigas foram colhidas no 21º dia após a polinização manual, em estágio de grão leitoso e com umidade entre 70 a 80%. Os grãos da parte central de cada espiga foram retirados, congelados em nitrogênio líquido e mantidos em freezer -80 °C, no Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal, localizado no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

### 6.3.3. Quantificação de açúcares solúveis totais e amido nos grãos

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Agrobiodiversidade (LAGROBio), com o apoio dos Laboratórios de Fitopatologia e de Morfogênese e Bioquímica Vegetal do Departamento de Fitotecnia (CCA/UFSC). Para as análises laboratoriais, as amostras de grãos foram liofilizadas, fragmentadas e submetidas aos procedimentos de extração de açúcares solúveis totais (AST) e amido (AM) em triplicatas.

A extração de açúcares solúveis totais foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Shannon (1968). Foram adicionadas 2 ml da solução MCA (metanol: clorofórmio: água) (12:5:3, v/v), em uma amostra de 50 mg de massa seca (liofilizadas). A solução foi centrifugada (4000 rpm, por 10 minutos) e seguida da coleta do sobrenadante. O resíduo foi novamente diluído com 2 mL da solução de MCA, centrifugado (4000 rpm, por 10 minutos) e retirado o sobrenadante. 80 µL dos sobrenadantes foram diluídos em 3920 µL de MCA (ajustada de acordo com a amostra). Posteriormente, foram adicionados 1 mL de clorofórmio e 1,5 mL de água e o extrato novamente centrifugado (4000 rpm por 5 minutos). Após centrifugação, o extrato formou duas fases, sendo a fase superior coletada e utilizada para a quantificação dos açúcares, de acordo com o método de Umbreit e Burris (1964). Aliquotas de 1 mL do extrato, acrescidos de 2 mL da solução de Antrona 0,2% (200 mg de Antrona em 100 mL de Ácido Sulfúrico concentrado), foram agitadas em vortex e aquecidas em banho-maria a 100° C por três minutos. Com as amostras resfriadas, 300 µL foram transferidos para microplaca para leitura de absorbância (620 nm), em leitor de microplacas, modelo Spectramax Paradigm. A quantificação dos açúcares solúveis totais foi realizada a partir da curva padrão de glucose (5; 10; 25; 50; 75; 100 mg/mL;  $r^2 = 0,99$ ;  $y = 0,0081x$ ). Os resultados foram expressos em miligramas (mg) de AST por grama (g) de massa seca.

A quantificação de AM foi realizada utilizando o resíduo proveniente da extração de AST, seguindo o método de McCready et al. (1950). Foram adicionados 2 mL de Ácido Perclórico 30% e o extrato centrifugado (4000 rpm, por 10 minutos). O sobrenadante foi coletado e o resíduo novamente extraído com 2 mL de Ácido Perclórico 30% e centrifugação (4000 rpm, por 10 minutos). 80 µL dos sobrenadantes foram diluídos em 3920 µL de MCA (ajustada de acordo com a amostra). Aliquotas de 1 mL do extrato, acrescidos de 2 mL da solução de Antrona 0,2%, foram agitadas em vortex e aquecidas em banho-maria a 100° C por três minutos. Com as amostras resfriadas, 300 µL foram transferidos para microplaca para leitura de absorbância (620 nm), em leitor de microplacas, modelo Spectramax Paradigm. A quantificação de amido foi realizada a partir da curva padrão de amido (5; 10; 25; 50; 75; 100

mg/mL;  $r^2 = 0,98$ ;  $y = 0,0065x$ ). Os resultados foram expressos em miligramas (mg) de amido por grama (g) de massa seca.

### 6.3.4. Análises estatísticas

#### 6.3.4.1. Análise de variância

Os dados obtidos em cada experimento foram testados quanto a homogeneidade das variâncias dos tratamentos através do Teste de Hatley ( $F_{\text{máx.}} = \frac{\geq s^2}{< s^2} \leq F_{0,025}$ ). Para a análise conjunta a homogeneidade de variâncias foi testada através da relação entre os quadrados médios dos erros experimentais dos experimentos individuais, conforme proposto por Pimentel Gomes (1978), sendo  $\frac{\geq QME}{< QME} \leq 4$ . Atendendo aos pressupostos de homogeneidade, os dados foram analisados por meio da análise de variância por local (individual) e análise de variância conjunta de experimentos, com probabilidade em nível de 5% pelo teste F para a detecção de diferenças significativas associadas aos efeitos dos modelos estatísticos matemáticos. Para a comparação das médias foi utilizado o teste de agrupamento de Scott-Knott ao mesmo nível de significância.

Para as análises individuais, por local, foi utilizado o seguinte modelo estatístico-matemático aleatório dado por:  $Y_{ij} = \mu + B_j + G_i + \epsilon_{ij}$ , em que:  $Y_{ij}$ : valor observado do  $i$ -ésimo genótipo ( $i = 1, 2, \dots, 9$ ), no  $j$ -ésimo bloco ( $j = 1, 2$ );  $\mu$ : média inerente a todas as observações;  $B_j$ : efeito do bloco  $j$ ;  $G_i$ : efeito do genótipo  $i$ ;  $\epsilon_{ij}$ : efeito do erro associado às observações  $Y_{ij}$ .

Para análise conjunta dos quatro locais foi considerado o modelo estatístico-matemático aleatório dado por:  $Y_{ijk} = \mu + B/A_{jk} + G_i + A_j + GA_{ij} + \epsilon_{ijk}$ , em que:  $Y_{ijk}$ : valor observado do  $i$ -ésimo do genótipo ( $i = 1, 2, \dots, 9$ ) do  $j$ -ésimo ambiente ( $j = 1, 2, \dots, 4$ ); no  $k$ -ésimo bloco ( $k = 1, 2$ );  $\mu$ : média inerente a todas as observações;  $B/A_{jk}$ : efeito de bloco  $k$  no ambiente  $j$ ;  $G_i$ : efeito de genótipo  $i$ ;  $A_j$ : efeito de ambiente  $j$ ;  $GA_{ij}$ : efeito da interação entre tratamento e ambiente; e  $\epsilon_{ijk}$ : efeito do erro associado a observação  $Y_{ijk}$ .

#### 6.3.4.2. Análise de adaptabilidade e estabilidade

A adaptabilidade e estabilidade fenotípica ( $P_i$ ) foi estimada pelo método de Lin & Binns (1988), definido pelo quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima obtida nos ambientes, dada por:  $P_i = \frac{\sum_{j=1}^a (Y_{ij} - M_j)^2}{2a}$ , onde:  $P_i$ :

estimativa do parâmetro estabilidade do genótipo  $i$ ;  $Y_{ij}$ : valor da variável do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente;  $M_j$ : resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente  $j$ ;  $a$ : número de ambientes (LIN & BINNS, 1988).

Posteriormente, foi feita a decomposição do estimador de  $P_i$ , de maneira que possibilitasse a avaliação do comportamento das variedades em ambientes favoráveis ( $P_{if}$ ) e desfavoráveis ( $P_{id}$ ), conforme proposto por Carneiro (1998) o  $P_i$ , denominado de Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento (MAEC), se refere ao desempenho e comportamento diante de variações ambientais. A classificação dos ambientes em favoráveis ou desfavoráveis foi efetuada por meio do índice ambiental ( $I_j$ ), calculado através da diferença entre a média dos genótipos avaliados em dado ambiente e a média geral dos ambientes, através da fórmula:  $I_j = \frac{Y_{.j}}{g} - \frac{Y_{..}}{ga}$  (CRUZ & REGAZZI, 2001). Em ambientes favoráveis, incluindo valor de zero e índices positivos, o  $P_{if}$  foi calculado por meio de  $P_{if} = \frac{\sum_{j=i}^a (Y_{ij} - M_j)^2}{2f}$ , em que  $f$  corresponde ao número de ambientes favoráveis. Em ambientes desfavoráveis, nos quais os índices são negativos, o  $P_{id}$  foi calculado por meio de  $P_{id} = \frac{\sum_{j=i}^a (Y_{ij} - M_j)^2}{2d}$ , em que  $d$  corresponde ao número de ambientes desfavoráveis.

As análises foram realizadas com auxílio do aplicativo computacional em genética e estatística GENES versão 7,0 (CRUZ, 2006).

## 6.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.4.1. Porcentagem de açúcares solúveis totais e relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos

A análise de variância individual por local apontou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as variedades em todos os locais, para ambas as variáveis avaliadas (Tabela 3).

Em ANC, a 717 metros de altitude (L1), as médias variaram entre 11,38% e 19,08% para AST e entre 0,26 e 0,67 para AST/AM. As variedades 2276A e 2255A se diferenciaram das demais e apresentaram os maiores valores, com 19,08% e 16,82% para AST e 0,59 e 0,67 para AST/AM, superando inclusive as testemunhas BR401 e Doce Cubano (Tabela 3).

Ao serem cultivadas em GBA, a 624 metros de altitude (L2), todas as VL's foram superiores às testemunhas (BR401 e Doce Cubano) para a variável AST. As médias variaram entre 9,08% e 18,92% para AST e 0,24 e 0,62 para AST/AM (Tabela 3).



Em ANC, a 422 metros de altitude (L3), as médias variaram entre 8,72% e 24,46% para AST e 0,28 e 0,85 para AST/AM. A variedade 2276A apresentou a maior porcentagem de AST (24,46%) e maior AST/AM (0,85). As variedades 2029A e 741B apresentaram valores intermediários para AST (14,76% e 15,19%) e para AST/AM não diferiram das demais variedades (Tabela 3).

Em FLP, a 5 metros de altitude (L4), as médias variaram entre 7,29% e 12,18% para AST e 0,19 e 0,40 para AST/AM. Este foi o único local em que as testemunhas superaram a maioria das VL's quanto à AST, com 12,18% (Doce Cubano) e 12,05% (BR401). Em L4 quatro das sete VL's (741B, 2029A, 3000A e 2255A) apresentaram valores de AST/AM inferiores (0,19, 0,25, 0,30 e 0,31, nesta ordem) aos das testemunhas (Doce Cubano: 0,42 e BR401: 0,40) (Tabela 3).

Os coeficientes de variação (CV) ficaram entre 7,90% e 9,81% para AST e 8,50% e 15,64% para AST/AM (Tabelas 3). Conforme a classificação de Pimentel Gomes (1978), o CV foi considerado baixo ( $CV < 10\%$ ) e a precisão experimental foi classificada como elevada em todos os experimentos para a variável AST e em L1 e L3 para AST/AM. Os demais experimentos tiveram precisão moderada ( $CV < 20\%$ ).

**Tabela 3.** Análises individuais de experimentos para a porcentagem de açúcares solúveis totais (AST) e relação entre açúcares solúveis totais e amido (AST/AM) na matéria seca dos grãos de nove variedades de milho doce (*su/sul*) cultivadas em quatro locais em Santa Catarina – Sul do Brasil, safra 2017/2018.

Variedade	AST				AST/AM			
	L1 <sup>1</sup>	L2 <sup>2</sup>	L3 <sup>3</sup>	L4 <sup>4</sup>	L1	L2	L3	L4
<b>2255A</b>	16,82 a	15,42 a	8,72 c	8,64 b	0,59 a	0,52 a	0,29 b	0,31 b
<b>741B</b>	13,37 b	17,60 a	14,76 b	7,29 b	0,37 b	0,56 a	0,47 b	0,19 b
<b>2029A</b>	14,22 b	12,89 b	15,19 b	8,45 b	0,47 b	0,35 b	0,45 b	0,25 b
<b>319A</b>	13,54 b	16,74 a	11,06 c	9,75 b	0,35 b	0,50 a	0,37 b	0,36 a
<b>2276A</b>	19,08 a	18,92 a	24,46 a	9,85 b	0,67 a	0,62 a	0,85 a	0,38 a
<b>2514A</b>	15,20 b	14,36 a	11,39 c	11,24 a	0,39 b	0,51 a	0,37 b	0,37 a
<b>3000A</b>	11,38 b	14,34 a	9,28 c	8,97 b	0,26 b	0,50 a	0,28 b	0,30 b
<b>D. Cubano</b>	12,20 b	9,08 c	11,63 c	12,18 a	0,34 b	0,25 b	0,38 b	0,42 a
<b>BR401</b>	12,27 b	9,43 c	11,02 c	12,05 a	0,35 b	0,24 b	0,30 b	0,40 a
<b>Prob. F</b>	0,0022**	0,0006**	0,0000**	0,0043**	0,000**	0,004**	0,000**	0,003**
<b>CV(%)<sup>5</sup></b>	7,90	9,17	9,81	8,71	8,50	15,64	8,85	11,33

<sup>1</sup> L1: Anchieta – SC, 717m; <sup>2</sup> L2: Guaraciaba – SC, 624 m; <sup>3</sup> L3: Anchieta – SC, 422m; <sup>4</sup> L4: Florianópolis – SC, 5m; <sup>5</sup> Coeficiente de variação de cada experimento; \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância individual e separação de médias de cada local comprovaram o elevado potencial das VL's de milho doce do EOSC quanto à AST e AST/AM. A maioria das VL's de milho doce *sugary1 (sulsul)* do EOSC apresentou valor médio de AST superior aos indicados na literatura para milho doce *sugary1*, comprovando a qualidade dessa diversidade local para esta característica. Kwiatkowski et al. (2011) encontraram entre 6% e 11% de açúcares totais nos grãos de milho doce. Pereira Filho et al. (2009) afirmam que a porcentagem de açúcares em milho doce com genótipo *sulsul* pode variar entre 9% a 14%. Lertrat e Pulam (2007), observaram que os genótipos portadores dos alelos mutantes recessivos *sul* tendem a manter, em média, 10,20% de açúcares solúveis totais na matéria seca.

Os resultados do presente estudo corroboram com os apresentados em avaliação preliminar das variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC, na qual Souza (2019) apontou elevados teores de açúcares e baixos teores de amido nos grãos, indicando o potencial comercial dessas variedades para consumo na forma de milho verde.

A variável AST/AM é uma relação entre a porcentagem de açúcares e a porcentagem de amido, sendo assim, quanto maior a AST e menor a AM, maior será a AST/AM. Esta relação pode ser tomada como um atributo de qualidade da composição química dos grãos de milho doce, dada a primazia por maior concentração de açúcares e menor concentração de amido nos grãos (PAES & BARBOSA, 2016; SZYMANEKA et al., 2015; KWIATKOWSKI et al., 2011; KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007; SCHULT & JOVIK, 2004; AZANZA et al., 1996).

Foi possível observar a semelhança no ranqueamento das variedades para AST e AST/AM (Tabela 3). As diferenças neste ordenamento são decorrentes da maior ou menor concentração de amido nos grãos, como o caso da variedade 319A em L4, cuja média de AST ficou entre as inferiores, enquanto a média de AST/AM ficou entre as superiores, em função da baixa concentração de amido nos grãos.

É importante ressaltar que, embora inexistam dados na literatura de AST/AM em grãos de milho doce para fins de comparação, com base nos resultados observados, é possível afirmar que as VL's de milho doce do EOSC apresentam qualidade para esta variável, pois apresentam médias de AST/AM iguais ou superiores às médias das testemunhas, denotando a elevada concentração de açúcares e a baixa concentração de amido nos grãos.

Estudos anteriores comprovaram que o conjunto de VL's de milho doce do EOOSC também apresenta potencial para outras características consideradas importantes para o produtor, a indústria e o consumidor de milho doce. Ao avaliar as mesmas variedades de milho doce *sugary1* do presente estudo no EOOSC, Souza (2019) estimou índice de espigas igual a um; predominância de espigas cilíndricas e arranjo de fileira direto; número médio de fileiras acima de 14; espigas longas (com comprimento médio de acima de 15,50 cm); grãos profundos (com média de 7,9 mm); produtividade de campo acima de 12 t ha<sup>-1</sup>; e boa sanidade de espigas.

No presente estudo as VL's apresentaram comportamento médio semelhante ou superior ao desempenho médio das testemunhas nos ensaios conduzidos no EOOSC (L1, L2 e L3), tanto para AST quanto para AST/AM. Porém, ao serem cultivadas em L4 (fora da região de origem das VL's), com exceção da 2514A, as VL's apresentaram médias de AST inferiores às médias das testemunhas e quatro das sete VL's apresentaram médias de AST/AM inferiores às médias das testemunhas, indicando o comportamento diferencial das variedades com a mudança ambiental. Isso ocorre, possivelmente, pela interação genótipo x ambiente.

#### **6.4.2. Interação genótipo x ambiente de variedades locais de milho doce *sugary1***

Os dados obtidos nos experimentos conduzidos em quatro locais atenderam ao pressuposto de homogeneidade das variâncias, com  $\frac{>QME}{<QME} = 2,35$  para AST e  $\frac{>QME}{<QME} = 3,84$  para AST/AM (Tabela 4), o que possibilitou a realização da análise conjunta dos locais, sem restrições. A análise de variância conjunta apontou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre genótipos, ambientes e para o efeito da interação de genótipos x ambientes (GxA), para ambas as variáveis avaliadas (Tabela 4), denotando a existência de variabilidades entre as variedades, entre os locais e da interação entre genótipos x ambiente.

O coeficiente de variação (CV), calculado a partir da análise conjunta de experimentos, foi de 9,00% para a AST e 11,72% para a AST/AM (Tabelas 4). Os valores detectados foram inferiores aos reportados por Scapim et al. (1996) ao avaliarem o conteúdo de açúcares totais e açúcares redutores de 16,47% e 27,27% em grãos de milho doce, respectivamente.

As médias marginais das variedades variaram entre 11,00% e 18,08% para AST e entre 0,32 e 0,64 para AST/AM (Tabela 4). Com exceção da 3000A, as VL's apresentaram

médias superiores às das testemunhas (Doce Cubano e BR401 da Embrapa) para ambas as variáveis. As médias marginais dos locais variaram entre 9,32% e 14,31% para AST e entre 0,33 e 0,45 para AST/AM. Foi possível observar uma tendência de redução da AST conforme a diminuição da altitude de cultivo, sendo que em L4 o conjunto de variedades apresentou o menor valor médio (9,82 %). Para AST/AM as médias variaram de entre 0,45 e 0,33, sendo menor média também apresentada em L4 (0,33) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Análise conjunta de experimentos para a porcentagem de açúcares solúveis totais (AST) e relação açúcares solúveis totais e amido (AST/AM) na matéria seca dos grãos de nove variedades de milho doce (*su/su1*) cultivadas em quatro locais em Santa Catarina – Sul do Brasil, safra 2017/2018.

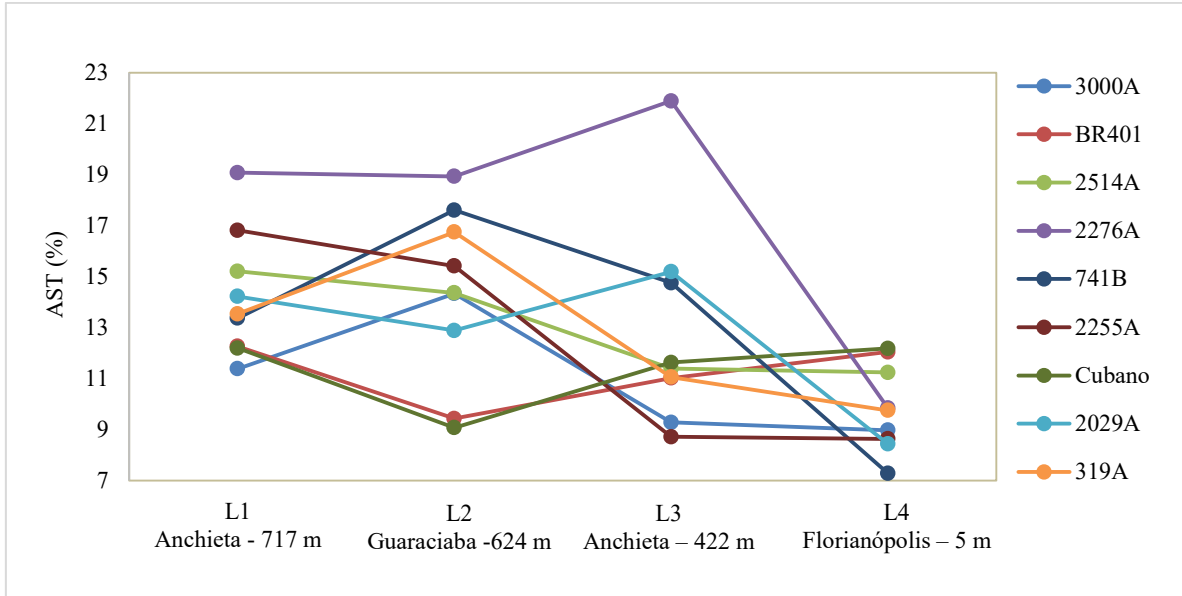
Variedade	AST					AST/AM				
	L1 <sup>1</sup>	L2 <sup>2</sup>	L3 <sup>3</sup>	L4 <sup>4</sup>	Média	L1	L2	L3	L4	Média
<b>2255A</b>	16,82 a A	15,42 a A	8,72 d B	8,64 b B	<b>12,40 b</b>	0,59 a A	0,52 a A	0,29 d B	0,31 b B	<b>0,43 b</b>
<b>741B</b>	13,37 b B	17,60 a A	14,76 b B	7,29 b C	<b>13,26 b</b>	0,37 b B	0,56 a A	0,47 b A	0,19 b C	<b>0,40 b</b>
<b>2029A</b>	14,22 b A	12,89 c A	15,19 b A	8,45 b B	<b>12,67 b</b>	0,47 b A	0,35 b A	0,45 b A	0,25 b B	<b>0,39 b</b>
<b>319A</b>	13,54 b B	16,74 a A	11,06 c C	9,75 b C	<b>12,78 b</b>	0,35 b B	0,50 a A	0,37 c B	0,36 a B	<b>0,38 b</b>
<b>2276A</b>	19,08 a B	18,92 a B	24,46 a A	9,85 b C	<b>18,08 a</b>	0,67 a B	0,62 a B	0,85 a A	0,38 a C	<b>0,64 a</b>
<b>2514A</b>	15,20 b A	14,36 b A	11,39 c B	11,24 a B	<b>13,05 b</b>	0,39 b B	0,51 a A	0,37 c B	0,37 a B	<b>0,41 b</b>
<b>3000A</b>	11,38 c B	14,34 b A	9,28 d B	8,97 b B	<b>11,00 c</b>	0,26 b B	0,50 a A	0,28 d B	0,30 b B	<b>0,33 c</b>
<b>D. Cubano</b>	12,20 c A	9,08 d B	11,63 c A	12,18 a A	<b>11,27 c</b>	0,34 b A	0,25 c B	0,38 c A	0,42 a A	<b>0,34 c</b>
<b>BR401</b>	12,27 c A	9,43 d A	11,02 c A	12,05 a A	<b>11,20 c</b>	0,35 b A	0,24 c B	0,30 d B	0,40 a A	<b>0,32 c</b>
<b>Média</b>	<b>14,23 A</b>	<b>14,31 A</b>	<b>13,05 B</b>	<b>9,82 C</b>		<b>0,42 A</b>	<b>0,45 A</b>	<b>0,42 A</b>	<b>0,33 B</b>	
<b>&gt;QME/&lt;QME<sup>5</sup></b>		2,35					3,84			
<b>CV(%<sup>6</sup>)</b>		9,00					11,72			
<b>Prob. F Genótipo</b>		0,000**					0,000**			
<b>Prob. F Ambiente</b>		0,000**					0,000**			
<b>Prob. F GxA</b>		0,000**					0,000**			

L1: Anchieta/SC, 717m; <sup>2</sup> L2: Guaraciaba/SC, 624 m; <sup>3</sup> L3: Anchieta/SC, 422m; <sup>4</sup> L4: Florianópolis/SC, 5m; médias da combinação genótipo e ambiente seguidas por letras minúsculas iguais na vertical (genótipos) e maiúsculas na horizontal (locais) pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; médias marginais de genótipos (coluna) e médias marginais de locais (linha) seguidas por letras minúsculas pertencem ao mesmo grupo para seus respectivos efeitos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>5</sup> Relação entre o maior quadrado médio residual e o menor quadrado médio residual, obtidos das análises de variância de cada local; <sup>6</sup> Coeficiente de variação experimental; \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

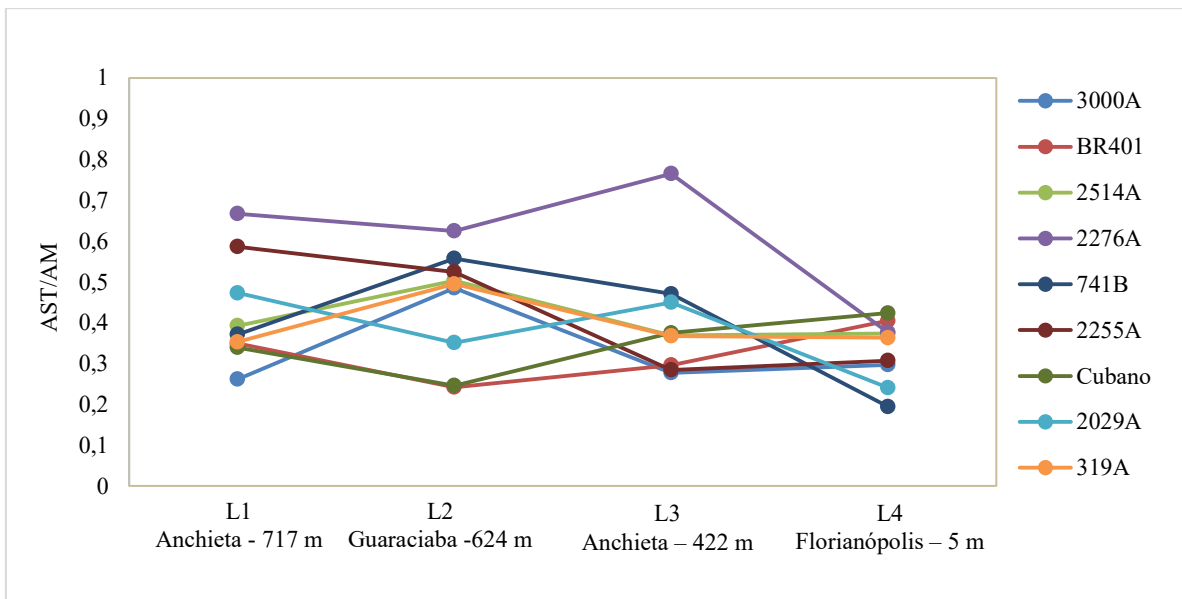
Considerando que cerca de 70% do peso dos grãos de milho é constituído por carboidratos (açúcar e amido) (MAGALHÃES et al., 2002), a menor deposição de AST e menor AST/AM nos grãos das VL's em L4, pode influenciar inclusive a produtividade. Souza (2019) observou uma redução na produtividade média das variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC ao serem cultivadas em Florianópolis (8,90 t ha<sup>-1</sup>), em comparação com os agroecossistemas da região do EOSC (12,34 t ha<sup>-1</sup>).

O efeito significativo da interação entre as nove variedades de milho doce *sugary1* e os quatro locais de experimentos da presente pesquisa pode ser verificado pelo teste de separação de médias ( $p \leq 0,05$ ) para as combinações genótipo x ambiente (Tabela 4). Observando a variável AST das variedades 319A e Doce Cubano ao serem cultivadas em L2 e L4, pode-se constatar a presença de interação diferencial. Neste caso, o efeito diferencial deve-se a uma inversão na classificação dessas variedades, quando elas foram cultivadas em L2 e L4. Da mesma forma, houve uma inversão na classificação dos locais quando neles foram cultivadas as referidas variedades. O mesmo pode ser observado para a AST/AM entre as variedades 2029A e BR401 ao serem cultivadas em L3 e L4.

O efeito significativo para a interação entre variedades e local repete-se para várias combinações, tal como pode ser observado entre as variedades 319A e 2514A cultivadas em L1 e L3 (para AST) e 2514A e 3000A ao serem cultivadas em L1 e L2 (para AST/AM) e, assim por diante, embora esse efeito não tenha alterado a ordem de classificação das variedades frente à mudança de local de cultivo. Os efeitos da interação entre as nove variedades de milho doce e os quatro locais para a AST pode ser observado na Figura 4 e para AST/AM pode ser observado na Figura 5.



**Figura 4.** Gráfico da análise conjunta para a porcentagem de açúcares solúveis totais na matéria seca dos grãos (AST) de nove variedades de milho doce *sugary1*, cultivadas em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018. Prob. F-teste: Ambiente: 0,000; Genótipo: 0,000; Interação genótipo x ambiente: 0,000; Média Geral: 12,85%; CV: 9%.



**Figura 5.** Gráfico da análise conjunta para a relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos (AST/AM) de nove variedades de milho doce *sugary1*, cultivadas em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018. Prob. F-teste: Ambiente: 0,000; Genótipo: 0,000; Interação genótipo x ambiente: 0,000; Média Geral: 0,41; CV: 11,72%.

Os resultados da análise conjunta de experimentos e o agrupamento de médias marginais comprovaram a existência da interação GxA, o desempenho médio superior da maioria das VL's de milho doce *sugary1* do EOSC em relação as testemunhas e a expressão do melhor potencial das VL's para AST e AST/AM ao serem cultivadas nas altitudes do EOSC.



As causas da interação GxA podem ser desde a forma de manejo da cultura até as particularidades edafoclimáticas, como tipo de solo, precipitação pluviométrica, temperatura do ar e intensidade luminosa (GARBUGLIO, 2018; BORÉM et al., 2017; MAGALHÃES & SOUZA, 2015). Considerando o meio geográfico, as práticas de manejo da cultura correspondem ao fator humano, enquanto o tipo de solo, a intensidade luminosa, a precipitação e a temperaturas do ar, entre outros, correspondem aos fatores naturais. Entre os fatores climáticos, a precipitação e a temperatura do ar apresentam maior impacto sobre a cultura do milho (SOUZA & BARBOSA, 2015).

Conforme o levantamento de dados climáticos, realizado por Souza (2019) durante o período de outubro de 2017 e março de 2018, a precipitação média (mm) e a temperatura média do ar ( $T$  °C) variaram entre Anchieta, Guaraciaba e Florianópolis no período de execução dos experimentos (Tabela 5).

**Tabela 5.** Dados de precipitação (mm) e temperatura média do ar (T °C) para os períodos de condução dos ensaios no Extremo Oeste de Santa Catarina e em Florianópolis/SC, safra 2017/2018.

Ano	Mês	Decêndio	Precipitação (mm)				Temperatura média do ar (T °C)				
			Anchieta <sup>1</sup>	Guaraciaba <sup>2</sup>	Média Histórica <sup>3</sup>	Florianópolis <sup>4</sup>	Média Histórica <sup>5</sup>	L1 <sup>6</sup>	L2 <sup>7</sup>	L3 <sup>8</sup>	L4 <sup>9</sup>
2017	Outubro	3	242.6	250.2	94.1	-	-	17,9	18,6	19,8	-
		1	158.2	165.6	61.3	-	-	19,3	19,8	21,1	-
	Novembro	2	38.0	57.6	60.5	-	-	20,0	20,4	21,4	-
		3	55.2	68.4	54.0	45.7	47.4	19,9	20,4	21,4	22,2
	Dezembro	1	29.6	42.0	65.8	44.4	41.5	22,8	23,4	24,8	23,2
		2	18.0	11.6	71.5	53.5	56.6	23,5	24,1	25,3	23,8
3		54.8	63.4	80.6	69.7	73.5j	22,2	22,8	24,1	23,6	
2018	Janeiro	1	68.6	71.6	65.6	188.7	75.2	22,0	22,6	23,9	24,2
		2	126.6	92.6	56.6	100.2	65,3	21,9	22,5	23,7	25,1
		3	182.6	108.8	62.4	200.3	78,7	22,4	23,0	24,4	24,2
	Fevereiro	1	10.4	16.4	62.5	11.9	71,3	22,6	23,3	24,8	24,3
		2	44.8	29.4	60.2	47.6	75,2	20,9	21,6	23,2	23,5
	Março	3	-	-	-	9.1	64,7	-	-	-	24,1
1		-	-	-	53.0	65,1	-	-	-	24,3	
	2	-	-	-	16,4	60,0	-	-	-	24,6	
			<b>1029,4</b>	<b>977,6</b>	<b>795,1</b>	<b>840,50</b>	<b>774,5</b>	<b>21,3</b>	<b>22,0</b>	<b>23,2</b>	<b>23,9</b>

<sup>1</sup> Dados da Estação agrometeorológica de Anchieta; <sup>2</sup> Dados da Estação hidrológica de Guatapar de Baixo, município de Guaraciaba; <sup>3</sup> Médias dos dados históricos da Estcao meteorológica de São Miguel do Oeste/SC; <sup>4</sup> Dados da Estcao Meteorológica de Superfície de Florianópolis (SBLF) do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA); <sup>5</sup>Médias dos dados históricos da Estcao meteorológica de São José/SC; <sup>6</sup> L1: Anchieta – SC, 717m; <sup>7</sup> L2: Guaraciaba – SC, 624 m; <sup>8</sup> L3: Anchieta – SC, 422m; <sup>9</sup> L4: Florianópolis – SC, 5m. Fonte: Souza, 2019.

A precipitação média foi de 1.029,4 mm em L1 e L3, de 977,6 mm em L2 e de 840,50 mm em L4 (Tabela 5). De acordo com Brito et al. (2013), a precipitação requerida durante o ciclo do milho doce é de no mínimo 680,40 mm. As médias históricas de precipitação (mm) registradas nas duas microrregiões onde foram conduzidos os experimentos atendem as demandas da cultura. O mesmo ocorre com a precipitação (mm) durante o período de condução dos experimentos.

A temperatura do ar média foi de 21,3 °C e em L1, de 22,0 °C em L2, 23,2 °C em L3 e de 23,9 °C em L4 (Tabela 5). Ao comparar os efeitos da temperatura do ar sobre o milho doce, Suwa et al., (2010) verificaram que temperaturas entre 18°C e 25°C são mais adequadas para a cultura, tendo em vista que temperaturas elevadas provocam a redução na concentração de açúcares nos grãos, no estágio de grãos leitoso. Embora as temperaturas médias do ar registradas nos quatro locais de condução dos experimentos da presente pesquisa tenham sido adequadas para o desenvolvimento do milho doce, o desempenho das VL's em L4 mostram a diminuição de AST e de AST/AM nos grãos destas variedades com a redução expressiva da altitude de cultivo. Este resultado pode ser explicado, em parte, pela temperatura do ar mais elevada neste local.

Zhao et al. (2013) relataram a redução do peso e da concentração de açúcares nos grãos de milho doce com aumento da temperatura do ar. Michaels e Andrew (1986) associaram o baixo acúmulo de açúcares em grãos de milho doce com temperaturas do ar mais elevadas. Cooper (1979) também associou maior acúmulo de matéria seca nos grãos de milho com o aumento da altitude de cultivo, devido à menor temperatura do ar. Em regiões de baixa altitude, onde a temperatura do ar é maior do que em regiões com alta altitude (sobretudo durante a noite), pode ocorrer o aumento da respiração celular e parte dos fotoassimilados, que seriam translocados para enchimento dos grãos, são utilizados em maior quantidade como fonte de energia neste processo, podendo proporcionar menor acúmulo de carboidratos nos grãos (SOUZA & BARBOSA, 2015) e, assim sendo, reduzir a concentração de açúcares nos grãos.

Para Bergamaschi & Matzenauer (2014), a sensibilidade dos genótipos de milho às variações de temperatura do ar se altera dependendo das suas características genéticas. Landau et al. (2012) explicam que os genótipos de milho podem apresentar genes que conferem características favoráveis para a adaptação às condições climáticas, especialmente com relação à temperatura e precipitação, dos locais de proveniência.

Os resultados obtidos até então podem subsidiar a construção de uma IG na modalidade de DO do milho doce de variedades locais do microcentro de diversidade de *Zea mays* L., pois comprovam o potencial destas variedades e a influência do ambiente de cultivo sobre características de qualidade química dos grãos.

A análise dos fatores climáticos levantados por Souza (2019) no período de execução dos experimentos permitiu associar a temperatura média do ar como um dos componentes geográficos relacionados com o desempenho superior das VL's no EOSC. Estudos semelhantes têm colaborado com IG's de produtos vegetais no Brasil. A fim de contribuir com a IG por DO da maçã da Região de São Joaquim/SC, Brighenti et al. (2019) avaliaram diversos atributos de qualidade da maçã em diferentes altitudes na região e concluíram que a faixa de altitude onde a cv. Fuji é cultivada interfere nos atributos de qualidade dos frutos. A. L. da Silva et al. (2016) avaliaram os atributos físicos e químicos de bananas do subgrupo Cavendish, cv. Nanicão cultivadas no município de Corupá/ SC, a fim de contribuir para a IG por DO da banana da Região de Corupá, e concluíram que os frutos produzidos nesta região apresentam menor acidez e maior relação açúcar-acidez (SST/AAT) e que sofrem grandes interferências do ambiente em que são produzidos, possivelmente devido às temperaturas baixas e os índices de radiação solar durante o inverno e início da primavera. G. L. de S. Silva et al. (2016) constataram a interação GxA de variedades de cana-de-açúcar, utilizadas na produção de cachaça de alambique, em dois ensaios no Rio de Janeiro (RJ) e contribuiu na discriminação das variedades para obtenção da DO da cachaça Paraty/RJ. Riberio (2013) também relatou a interação GxA e as influências da altitude e forma de processamento sobre as particularidades químicas e sensoriais dos grãos café dos genótipos cultivados na Serra da Mantiqueira/MG, colaborando com a DO dos cafés da Matiqueira. Nesta mesma linha de pesquisa, os resultados do presente estudo mostraram a existência da interação GxA das variedades de milho doce *sugary1* do EOSC associada com a altitude de cultivo para atributos de qualidade química dos grãos.

#### **6.4.3. Adaptabilidade e estabilidade do comportamento de variedades locais de milho doce do EOSC**

Os estudos da adaptabilidade e estabilidade, com base nos resultados da análise da interação GxA, proporcionam informações mais detalhadas dos padrões de comportamento dos genótipos frente às variações ambientais (CRUZ & REGAZZI, 2001). A adaptabilidade é entendida como a capacidade de um genótipo aproveitar as variações de ambiente de forma vantajosa e a estabilidade é comumente entendida como a capacidade de um genótipo manter

o desempenho mais constante possível diante de variações ambientais (LIMA & BORÉM, 2018).

Embora adaptabilidade e estabilidade sejam atributos distintos, a análise de Lin e Binns (1988) possibilita a avaliação de ambos por meio de um único parâmetro, o Pi. O Pi é considerado uma medida relativa de adaptabilidade e de estabilidade, pois é obtido a partir do quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima de cada ambiente, além de ter propriedade de variância, ponderando de maneira eficiente o comportamento dos genótipos ao longo dos ambientes. Dessa forma, os genótipos que apresentarem os menores valores de Pi são os de maior adaptabilidade geral (AMORIM et al., 2006; BACKES et al., 2005). Carneiro (1998) propôs a decomposição do estimador Pi, de maneira que também possa ser útil na obtenção de informações do comportamento dos genótipos em ambientes favoráveis (Pif) e em ambientes desfavoráveis (Pid).

Os resultados das análises de adaptabilidade e estabilidade para as nove variedades de milho doce *sugary1* para AST e AST/AM estão apresentados na tabela 6. Ao analisar a variável AST, no âmbito geral, as variedades com os menores valores de Pi foram 2276A (35,82), 2514A (74,33), 741B (74,99), 319A (78,54), 2029A (80,31) e 2255A (85,30). Com exceção da 3000A (101,94) as VL's tiveram valores de Pi inferiores às testemunhas, Doce Cubano (100,25) e BR401 (100,89). Ao analisar a variável AST/AM, no âmbito geral, as variedades com os menores valores de Pi foram 2276A (0,04), 741B e 2255A (0,10), 2514A e 2029A (0,11), 319A (0,12) e 3000A, (0,14). Todas as VL's apresentaram valores de Pi inferiores aos das testemunhas, Doce Cubano e BR401, com Pi de 0,15.

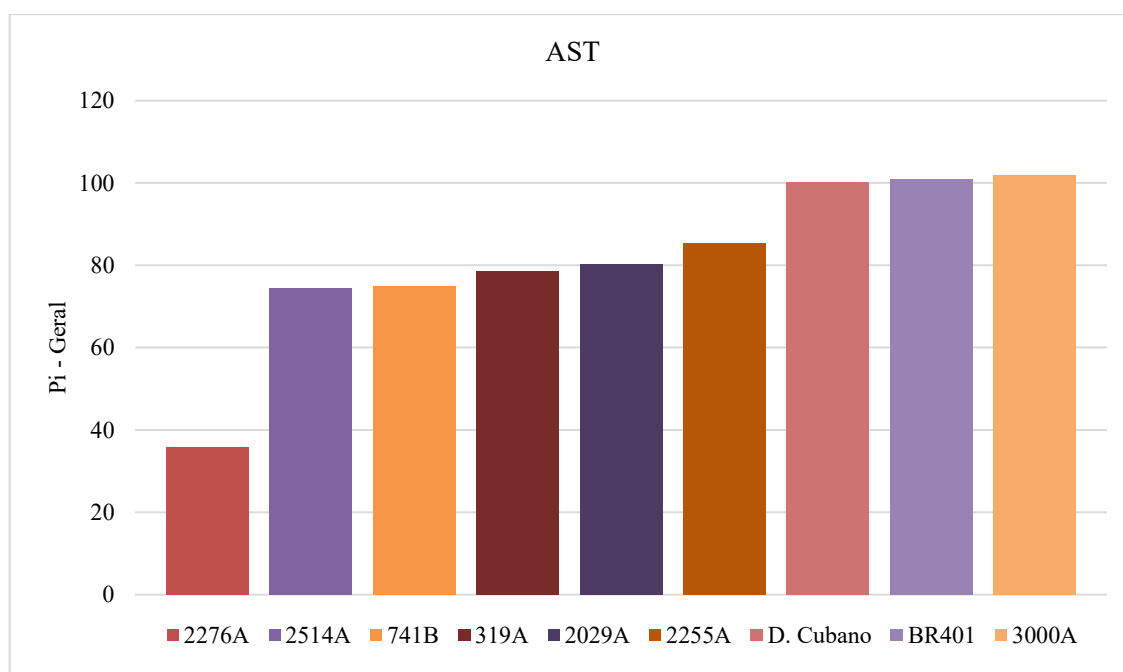
É importante ressaltar que, em razão da porcentagem de amido na matéria seca dos grãos, utilizada para obter a AST/AM, a posição relativa de algumas variedades se alterada em termos de AST e AST/AM, como ocorreu com a 3000A. Para a AST esta variedade apresentou maior valor de Pi, ao passo que para a variável AST/AM, apresentou valor de Pi inferior (Tabela 6).

**Tabela 6.** Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para a porcentagem de açúcares solúveis totais (AST) e relação entre açúcares solúveis totais e amido (AST/AM) na matéria seca nos grãos de nove variedades de milho doce *sugary1* em quatro locais - Santa Catarina, safra 2017/2018.

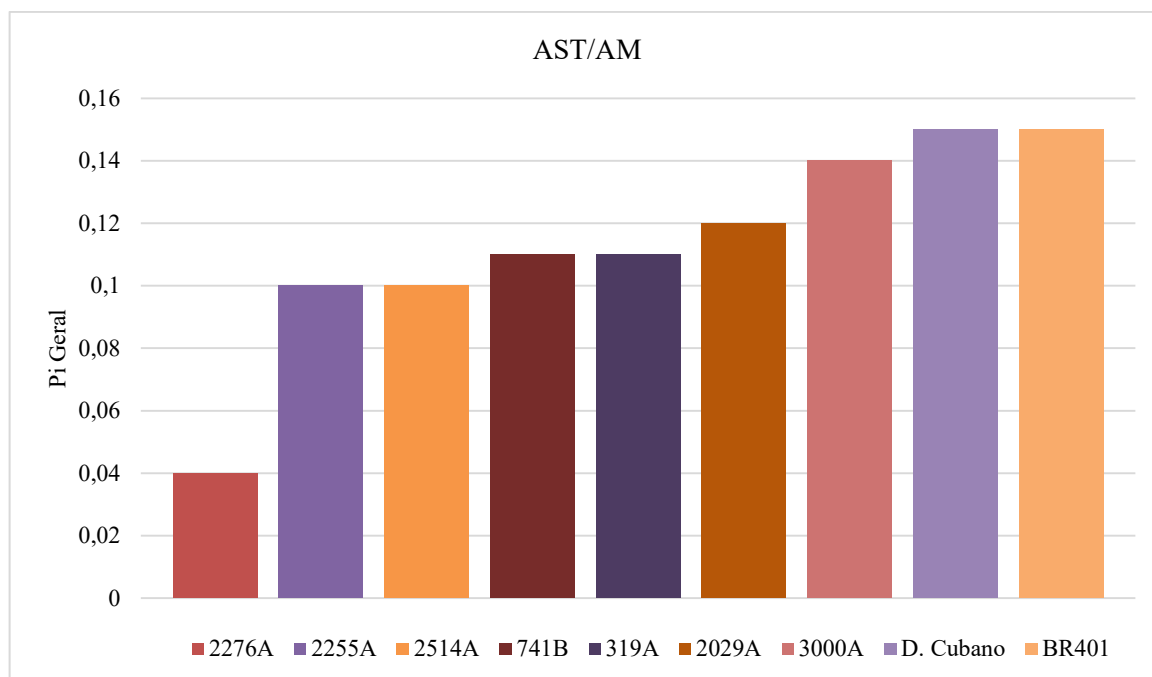
Variedade	AST				AST/AM			
	Média <sup>1</sup>	Pi <sup>2</sup>	Pif <sup>3</sup>	Média (d) <sup>4</sup>	Média <sup>1</sup>	Pi <sup>2</sup>	Pif <sup>3</sup>	Média (d) <sup>4</sup>
2276A	18,08	35,82	19,18	9,85	0,64	0,04	0,02	0,64
741B	13,26	74,99	59,13	7,29	0,40	0,10	0,09	0,40
2514A	13,05	74,33	76,28	11,24	0,41	0,11	0,11	0,41
319A	12,78	78,54	75,71	9,75	0,39	0,12	0,12	0,38
2029A	12,69	80,31	72,03	8,45	0,39	0,11	0,11	0,39
2255A	12,40	85,30	79,62	8,64	0,43	0,10	0,10	0,43
D. Cubano	11,27	100,25	114,36	12,18	0,34	0,15	0,17	0,34
BR401	11,20	100,89	114,32	12,05	0,32	0,15	0,17	0,32
3000A	11,00	101,94	103,39	8,97	0,33	0,14	0,15	0,33

<sup>1</sup> Média geral da variedade; <sup>2</sup> Pi: adaptabilidade e estabilidade geral; <sup>3</sup> Pif: adaptabilidade e estabilidade em ambientes favoráveis; <sup>4</sup> Média das variedades no ambiente desfavorável.

A adaptabilidade geral do comportamento das nove variedades de milho doce para a AST pode ser observada na Figura 6 e para AST/AM pode ser observado na Figura 7.



**Figura 6.** Gráfico da adaptabilidade e estabilidade (Pi) para a porcentagem de açúcares solúveis totais na matéria seca dos grãos (AST) de nove variedades de milho *sugary1* em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018.



**Figura 7.** Gráfico da adaptabilidade e estabilidade (Pi) para a relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos (AST/AM) de nove variedades de milho *sugary1* em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018.

A adaptabilidade geral do comportamento das VL's, estimada através dos valores de Pi, indicam a capacidade de adaptação ecológica aos locais e às variações climáticas as quais foram submetidas (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992). Este resultado é coerente, dada a ampla variabilidade genética das VL's de milho doce do EOSC (SOUZA, 2019). Segundo Paterniani et al., (2000), a variabilidade genética, de modo geral, é considerada a principal razão da ampla adaptação e estabilidade de VL's em ambientes heterogêneos. A diversidade de alelos, ou formas alternativas de um mesmo gene, possibilita respostas, por meio de mudanças fisiológicas e, até mesmo, estruturais frente às variações ambientais (BORÉM et al., 2017).

Com base na classificação dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis (Tabela 7), foi possível observar que o ambiente L4 foi considerado menos favorável para o conjunto de variedades avaliadas, pois apresentou médias de AST e AST/AM inferiores às médias gerais dos quatro ambientes (-23,58% para AST e -19,5% para AST/AM), resultando em índices ambientais (Ij's) negativos (-3,03 para AST e -0,08 para AST/AM). Os demais ambientes (L1, L2 e L3) foram considerados favoráveis para o conjunto de variedades analisadas. Cruz & Regazzi (2001) ressaltam que os valores positivos de Ij, que indicam ambientes favoráveis, estão relacionados, inclusive, com as condições edafoclimáticas mais apropriadas para a cultura ou para o conjunto de genótipos em questão.

**Tabela 7.** Classificação de quatro locais, com base no Índice ambiental (Ij) para porcentagem de açúcares solúveis totais (AST) e relação entre açúcares solúveis totais e amido (AST/AM) nos grãos de nove variedades de milho doce *sugary1* (Santa Catarina, safra 2017/2018).

Local <sup>1</sup>	AST			AST/AM		
	Média	Ij <sup>2</sup>	Ambiente	Média	Ij <sup>2</sup>	Ambiente
L1	14,23	1,38	F	0,42	0,01	F
L2	14,31	1,46	F	0,45	0,04	F
L3	13,05	0,20	F	0,42	0,01	F
L4	9,82	-3,03	D	0,33	- 0,08	D
Média	12,85			0,41		

<sup>1</sup> L1: Anchieta/SC, 717m; L2: Guaraciaba/SC, 624 m; L3: Anchieta/SC, 422m; L4: Florianópolis/SC, 5m; <sup>2</sup> Índice ambiental; F: favorável; D: desfavorável

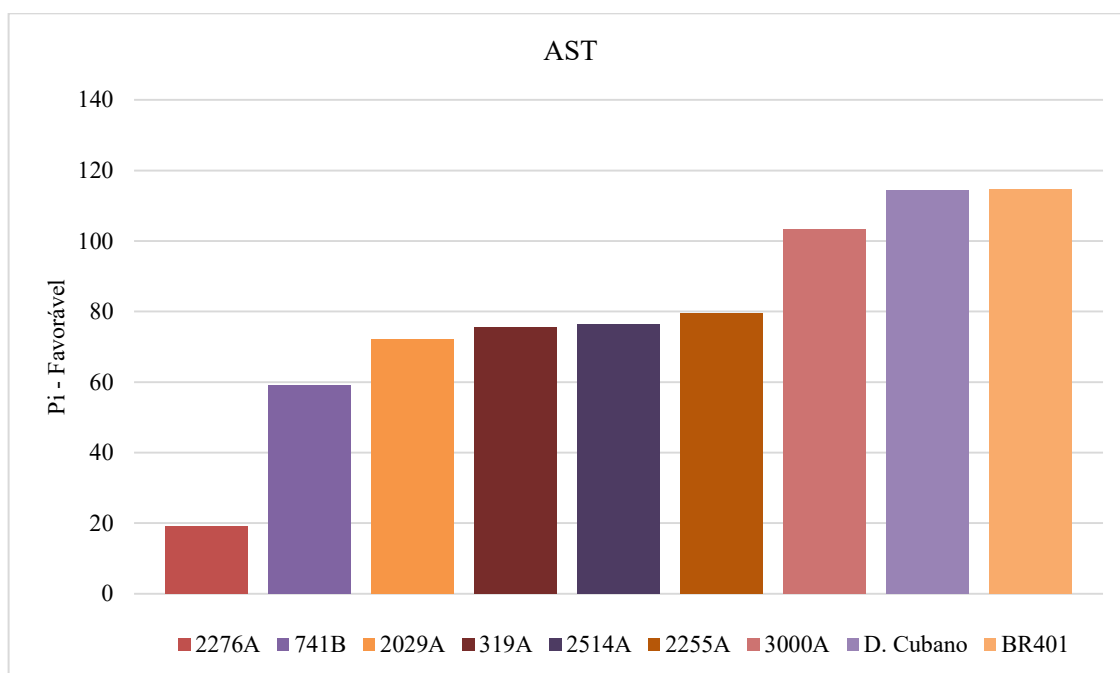
Esses resultados confirmam a semelhança ambiental entre L1, L2 e L3, observada pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 4), tendo em vista que as variedades apresentaram as médias de AST e AST/AM mais elevadas quando cultivadas nestes locais. Garbuglio (2018) afirma que a estratificação ambiental permite identificar microrregiões de cultivo, nas quais o padrão de desempenho é menos afetado pela interação GxA.

Considerando a decomposição proposta por Carneiro (1998), foi possível avaliar adaptabilidade e estabilidade do comportamento apenas em termos de ambientes favoráveis, pois um único ambiente foi classificado como desfavorável (L4), neste caso, apresentou-se a média das variedades neste ambiente (Tabela 6). Ao analisar a variável AST, nos ambientes classificados como favoráveis, destacaram-se, novamente, as VL's 2276A (19,18), 741B (59,13), 2029A (72,03), 319A (75,71), 2514A (76,28), 2255A (79,62) (Tabela 6). Com exceção da 3000A (103,39), as demais VL's apresentaram valores de Pif inferiores aos das testemunhas, BR401 (114,32) e Doce Cubano (114,32). Ao analisar a variável AST/AM, destacaram-se as VL's 2276A (0,02), 741B (0,09), 2255A (0,10), 2514A e 2029A (0,11), 319A (0,12) e 3000A, (0,15) (Tabela 5). Para esta variável, os valores de Pif de todas as VL's foram inferiores aos das testemunhas, Doce Cubano (0,17) e BR401 (0,17), mostrando elevada adaptabilidade e estabilidade destas características nestes ambientes.

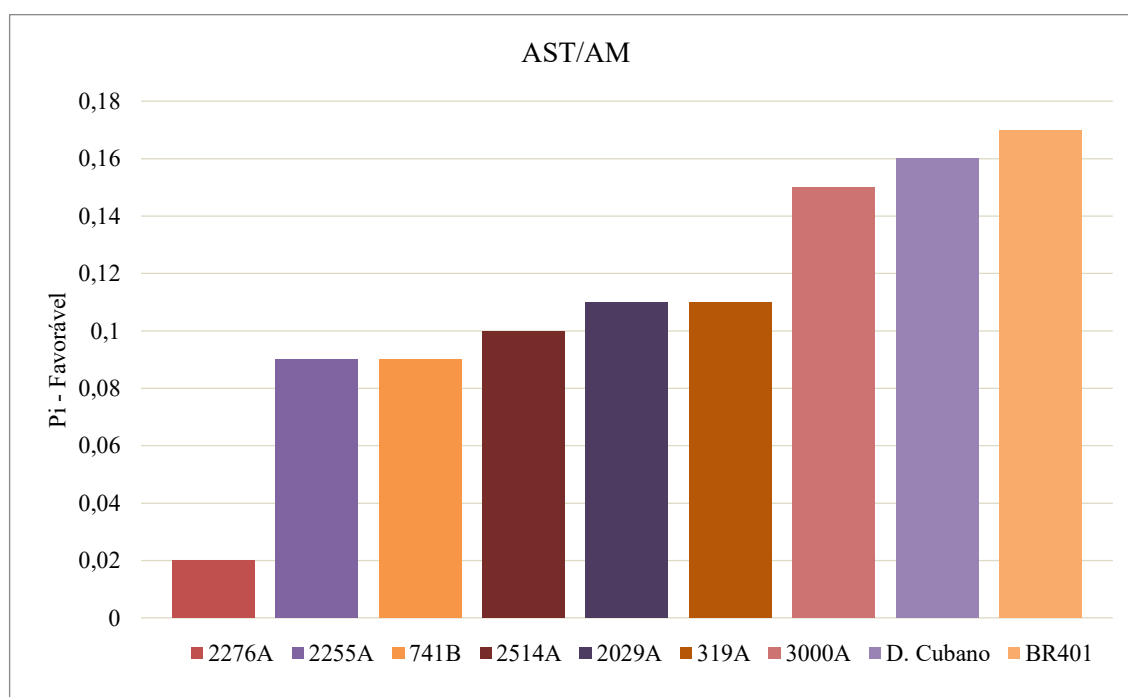
Entretanto, percebe-se a inversão na ordenação das variedades em termos de média geral e de média em ambiente desfavorável. Aos serem avaliadas no ambiente classificado como desfavorável, fora da região de origem, as testemunhas, Doce Cubano e BR401,



apresentaram médias mais elevadas de AST (12,18 e 12,05, nesta ordem) (Tabela 5). As estimativas de Pif podem ser observadas na figura 8 para AST e na figura 9 para AST/AM.



**Figura 8.** Gráfico da adaptabilidade e estabilidade em ambientes favoráveis (Pif) para a porcentagem de açúcares solúveis totais na matéria seca dos grãos (AST) de nove variedades de milho *sugary1* em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018.



**Figura 9.** Gráfico da adaptabilidade e estabilidade em ambientes favoráveis (Pif) para a relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos (AST/AM) de nove variedades de milho *sugary1* em quatro locais no estado de Santa Catarina, na safra 2017/2018.

Os resultados da análise de adaptabilidade e estabilidade demonstram a adaptação geral das VL's de milho doce *sugary1* do EOSC, porém indicam maior adaptabilidade e estabilidade do comportamento ao serem cultivadas nos locais do EOSC. Isso ocorre, provavelmente, em razão do manejo, da seleção praticada pelos agricultores (as) e a da evolução destas variedades ao longo dos anos de cultivo nos agroecossistemas desta região.

A forma de cultivo, a seleção das variedades pelos agricultores (as) e a seleção do ecossistema agrícola potencializam a diversidade das variedades de milho do EOSC e refletem na sua adaptação às condições locais de manejo e clima (SOUZA et al., 2020; SILVA et al., 2016; OGLIARI et al. 2013a; BOEF, 1998). As VL's de milho doce do EOSC são cultivadas, principalmente, para o autoconsumo dos grãos em forma de milho verde, em pequenas unidades de produção familiar (UPF), em sistemas tradicionais de cultivo, com reduzida utilização de equipamentos agrícolas e baixo consumo de insumos externos (Souza, 2019). Os agricultores (as) que cultivam o milho doce nos municípios de Anchieta e Guaraciaba/SC realizam a seleção no processo de produção de sementes e selecionam as variedades considerando desde características de plantas na lavoura (altura de planta, sanidade, suscetibilidade ao acamamento) até características de espiga e grão, após a colheita (tamanho e forma da espiga, empalhamento, tipo e uniformidade de grão) (Souza, 2015). As VL's de milho doce do EOSC vêm sendo cultivadas na mesma UPF por um tempo médio de 11 anos (algumas são cultivadas na mesma UPF há mais de 20 anos e uma variedade é conservada pela mesma família por, pelo menos, 80 anos), passando por sucessivos ciclos de seleção (SOUZA et al., 2020), sendo assim, é possível afirmar que a pressão de seleção é responsável, em parte, pela diversidade, tendo em vista que cada agricultor seleciona e mantém suas variedades de acordo com suas preferências.

Segundo Ogliari et al. (2013a) e Zeven (1998), o tempo de cultivo é um fator determinante na adaptação de variedades locais, pois ao serem manejadas e selecionadas por vários anos em um mesmo agroecossistema, adquirem características próprias de adequação às condições agroclimáticas e demais condições ecológicas. Estes fatos sugerem que o fator humano é um importante componente geográfico associado ao comportamento do conjunto de variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC.

Estudos complementares poderiam ser realizados com vistas a destacar as qualidades das variedades locais de milho doce do microcentro de diversidade de *Zea mays* L. com base em outros atributos e, assim, reforçar a obtenção de IG por DO. A análise sensorial, por meio de testes de degustação, é fundamental, pois permite a avaliação do mercado consumidor

quanto à qualidade do produto, especialmente com relação ao sabor e maciez dos grãos (OLIVEIRA et al., 2006; AZANZA et al., 1996; PEREIRA, 1987). Outro estudo importante seria com relação à avaliação da qualidade física, por meio da espessura do pericarpo e da textura do endosperma, pois além da preferência do consumidor por pericarpo fino e textura tenra do endosperma, estas características estão relacionadas com a depreciação do produto (KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007). A avaliação da qualidade do milho doce em diferentes faixas de altitude no microcentro de diversidade de *Zea mays* L. do EOSC e no seu entorno pode fornecer mais informações a respeito da faixa de altitude ideal para o cultivo destas variedades. Além da delimitação da área geográfica, respaldada por argumentos técnicos, como resultados de pesquisas e estudos abordando, principalmente, o levantamento histórico e o estudo de fatores ambientais, como do clima, das propriedades químicas e físicas do solo, relevo, cobertura vegetal, manejo das culturas, entre outros (DORTZBACH et al., 2019). Os fatores ambientais em escala regional são fundamentais para a caracterização geográfica e para o estabelecimento das relações com a tipicidade do produto (BLAINSKI et al., 2019).

## 6.5. CONCLUSÕES

- As variedades locais de milho doce *sugary1* do Extremo Oeste de Santa Catarina apresentam elevado potencial para a porcentagem de açúcares solúveis totais e relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos;
- As variedades locais de milho doce *sugary1* apresentaram os melhores resultados para estas características ao serem cultivadas no Extremo Oeste de Santa Catarina;
- As variedades locais de milho doce *sugary1* do Extremo Oeste de Santa Catarina apresentaram adaptação geral, porém maior adaptabilidade e estabilidade ao serem cultivadas na região de origem;
- A destacada qualidade química dos grãos das variedades locais de milho doce *sugary1* do Extremo Oeste de Santa Catarina se deve, essencialmente, ao meio geográfico.

## 6.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA, L. N. V. Caracterização de variedades crioulas de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina por espectroscopia vibracional de infravermelho próximo. 2018. 190f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.
- AZANZA, F.; TADMOR, Y.; KLEIN, B. P.; ROCHEFORD, R. T.; JUVIK, J. A. Quantitative trait loci influencing chemical and sensory characteristics of eating quality in sweet corn. *Genome*, v. 39, p. 40 – 50, 1996.
- AZANZA, F.; JUVIK, J. A.; KLEIN, B. P. Relationships between sensory quality attributes and kernel chemical composition of fresh-frozen sweet corn. **Journal of Food Quality**, v. 17, p. 159 – 172, 1994.
- BARROS, R. dos S.; MERINO, G. S. A. D.; FARIAS, V. R. de; MERINO, E. A. D. A indicação geográfica e o agricultor familiar: o papel do fator humano na valorização do produto final. In: Workshop Catarinense de Indicação Geográfica, VII, 2019. Florianópolis. **Anais...**Florianópolis: EPAGRI, 2018. p. 217-222.
- BARTLETT, J. E.; KOTRLIK, J. W.; HIGUINS, C. C. Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research. **Information Technology, Learning, and Performance Journal**, v. 19, n. 1, 2001.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. O milho e o clima. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014.
- BLAINSKI, E.; VIEIRA, H. J.; RICCE, W DA S. Tecnologias de monitoramento climatológico como ferramenta de suporte à Indicação Geográfica. In: Workshop Catarinense de Indicação Geográfica, VIII, 2019. Florianópolis. **Anais...**Florianópolis: EPAGRI, 2019. p. 156-161.
- BOEF, W S. de. **Tales of the Unpredictable**. Thesis, University of Wageningen, 1998.
- BORGHEZAN, M. Análise dos critérios de caracterização de denominações de origem relacionadas ao setor agropecuário. In: Workshop Catarinense de Indicação Geográfica, VII, 2018. Florianópolis. **Anais...**Florianópolis: EPAGRI, 2018. p. 61-66.
- BOWMAN, J. C. Genotype X Environment interactions. **Ann. Génét. Sél. Anim.**, v. 4, n. 1, p. 117-123, 1972.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHER-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 7ª ed., Viçosa: UFV, 2017.
- BRITO, M. H. B.; DE ARAÚJO FILHO, G. D.; WANDERLEY, J. A. C.; DE MELO, A. S.; DA COSTA, F. B.; FERREIRA, M. G. P. Growth, physiological and yield of sweet corn under water stress. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1244-1254, 2013.
- CAMILO, J. da SILVA; BARBIERI, V. H. B.; RANGEL, R. M. R.; BONNAS, J. S.; LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, R. C. Aceitação sensorial de híbridos de milho doce e híbridos de milho verde em intervalos de colheita. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 1, p. 001-008, jan/fev, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562010001>.

CARDOSO, V. J. M. Fotometria para biólogos. **Ecologia Brasiliensis**, V. 13, N. 4, P. 545-553, 2009. Doi:10.4257/oeco.2009.1304.01.

CARNEIRO, P. C. S. Novas metodologias de adaptabilidade e estabilidade de comportamento. 1998. 168 f. **Tese** (Doutorado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, 1998.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1977.

COSTA, F. M., SILVA, N. C. de A. & OGLIARI, J. B. Maize diversity in southern Brazil: indication of a microcenter of *Zea mays* L. **Genetic Resources and Crop Evolution**. v. 1, n. 20, 2016.

CRUZ, C. D. **Programa Genes (Versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed., Viçosa: UFV, 2001.

DORTZBACH, D.; VIEIRA, V. F.; TRABAQUINI, K. Indicações Geográficas catarinenses: delimitação da área. In: Workshop Catarinense de Indicação Geográfica, VIII, 2019. Florianópolis. **Anais...Florianópolis: EPAGRI**, 2019. p. 176-179.

FALCÃO, R. F.; FERREIRA, P. V.; DA SILVA JÚNIOR, A. B.; DE CARVALHO, I. D. E.; SILVA, J.; DOS SANTOS, D. F. Avaliação de populações de polinização livre, variedades comerciais e crioulas de milho em dois municípios de Alagoas. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 26, n. 4, p. 611 - 624, 2017.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Edinburgh: Longman Group Limited, 1996. 464 p.

FERREIRA, D. C. A. Qualidade pós-colheita de milho doce pulverizado com silício e submetido ao déficit hídrico. 2016. 36f. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Olericultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos – GO.

FRITZSONS, E. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Ver. Brasileira de Climatologia**. v.18, jan/jun, 2016.

GARBUGLIO, D. D. **Implicações da Interação G X A no melhoramento**. In: LIMA, R.; BORÉM, A. Melhoramento de Milho. Viçosa: UFV, 2018. cap. 7, p. 160-185.

GONÇALVES, G. M. B. Caracterização e divergência genética de variedades crioulas de milho pipoca conservadas por agricultores do Oeste de Santa Catarina. 2016. 139f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis – SC.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 de agosto de 2020.

INPI. Instituto Nacional De Propriedade Industrial. 2020. **Indicações Geográficas 2018**. Disponível em: < <http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/indicacao-geografica>>. Acesso em 18 de abril de 2020.

KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C. A. Agronomic traits and chemical composition of single hybrids of sweet corn. **Horticultura Brasileira**, Maringá, v. 29, n. 4, 2011.

KWIATKOWSKI, A; CLEMENT, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Rev. Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Maringá, v. 1, n. 2, 2007.

KUHNEN, S. Metabolômica e bioprospecção de variedades crioulas e locais de milho (*Zea mays* L.). 2007. 267f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.

LANDAU, E. C.; TEIXEIRA, F. F.; DE OLIVEIRA, R. P. Normais climatológicas dos locais de proveniência dos acessos do Banco Ativo de Germoplasma de milho da Embrapa Milho e Sorgo. In: XXV Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2012, Águas de Lindóia. **Anias... XXV Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2012.

LANDAU, E. C; MAGALHÃES, P. C; GUIMARÃES, D. P. **Milho: relações com o clima. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2009. Disponível em:<[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_17\\_168200511157.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_17_168200511157.html)>. Acesso em: 29 de agosto de 2020.

LERTRAT, K.; PULAM, T. Breeding for Increased Sweetness in sweet corn. **International Journal of Plant Breeding**, v. 1, n. 1, p. 27-30, 2007.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, jan. 1988.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. **Cultivo do Milho**. Sete lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em:<[http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/milho\\_9\\_ed/ecofisiologia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/milho_9_ed/ecofisiologia.htm)> Acesso em: 09 de agosto de 2020.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta do milho**. Circular técnica n. 20. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Sete Lagoas, MG. EMBRAPA, 2002.

MCCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; OWENS, H. S. Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

MICHAELS; T. E. E ANDREW, R. H. Sugar Accumulation in Shrunken-2 Sweet Corn Kernels. **Crop Science**, v. 26, 1986.

OGLIARI, J. B. **Agricultoras e seus processos de diversificação de variedades crioulas de milho pipoca**. Cuadernos de la Biored Iberoamérica (CYTED). Cuaderno 7. Merida: Universidad Politécnica Territorial de Merida, 2019.

OGLIARI, J. B.; KIST, V; CANCI, A. **The participatory genetic enhancement of a local maize variety in Brazil**. In: Walter de Boef, Nivaldo Peroni, Abishkar Subedi, Marja Thijssen, Elizabeth O’Keeffe. (Org.). Community Biodiversity Management. Promoting Resilience and the Conservation of Plant Genetic Resources. 1ed. Abingdon: Routledge, 2013a.

OGLIARI, J. B.; SOUZA, R.; KAMPHORST, S. H.; GONÇALVES, G. M. B.; CANCI, A.; LAZZARI, L. Manejo e uso participativo de variedade crioula de milho como estratégia de

conservação: experiência do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade no Oeste de Santa Catarina. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, nov., 2013b.

OGLIARI, J. B.; ALVES, A. C. Manejo e uso de variedades de milho como estratégia de conservação em Anchieta. In: Boef, W. S. et al. **Biodiversidade e agricultores: fortalecendo o manejo comunitário**. Porto Alegre: L&MP, p. 220-234, 2007.

OLIVEIRA JÚNIOR., L.F.G.; DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M.G.; CHIQUIERE, T.B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.159-165, 2006.

PAES, M. C. D.; BARBOSA, N. A. **Valor nutricional, tecnologia e processamento do milho-doce**. In: PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. O cultivo do Milho-doce. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

PAIVA, A. P. M. Cruzamentos entre linhagens tropicais de milho doce e testadores com introgressão de germoplasma temperado. 2014, 105f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP), Botucatu, SP, 2014.

PARENTONI, S. N. et al. Milho Doce. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 165, p. 17-22, 1990.

PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X. **O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma**. In: UDRY, C.W.; DUARTE, W. (Org.). Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos. Brasília: Paralelo 15, 2000. p.11-41

PEDROTTI, A.; HOLANDA, F.S.R.; MANN, E.N.; AGUIAR NETTO, A.O.; BARRETO, M.C.V.; VIEGAS, P.R.A. Parâmetros de produção do milho-doce em sistemas de cultivo e sucessão de culturas no Tabuleiro Costeiro Sergipano. In: Seminário de Pesquisa FAP-SE, Sergipe. **Anais...** Sergipe: FAP, 2003.

PEREIRA FILHO, I. A &TEIXEIRA, F. F. **O cultivo do Milho-doce**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

PEREIRA FILHO, I. A; CRUZ, J. C. Milhos especiais: alternativas para agregar valor. **DBO Agrotecnologia**, set-out, 2009. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61041/1/Milhos-especiais.pdf>>. Acesso em: 31 de julho de 2018.

PEREIRA, A. S. Composição, avaliação organoléptica e padrão de qualidade de cultivares de milho-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 5, n. 2, p. 22-24, 1987.

PIMENTEL GOMES. **Curso de Experimentação Agrícola**. 8ª ed., Piracicaba – SP: USP, 1978.

POTTER, R. O.; de Carvalho, A. P.; Flores, C. A.; Bognola, I. Solos do Estado de Santa Catarina. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

REICHERT JR., F. W.; SOUZA, R. de, PINTO, T. T.; RECHSTEINER, O. M.; SELEDES, R. M.; AVILA, L. N. V.; OGLIARI, J. B. **Diversity of crops conserved by family farmers in the extreme West of Santa Catarina, Southern Brazil**. In: MOSSI, A. J.; PETRY, C.;



REICHERT JR. F. W. Agroecology: insights, experiences and perspectives. Nova Science Publishers, New York, 2020.

SCHULTZ, J. A.; JUVIK, J. A. Current models for starch synthesis and the sugary enhancer1 (se1) mutation in *Zea mays*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, p. 457–464, 2004. Doi:10.1016/j.plaphy.2004.05.008

SELEDES, R. M. et al. Caracterização fenotípica de milho-pipoca conservado *in situ-on farm* no Extremo Oeste de Santa Catarina. **Rev. Agropecuária Catarinense**, v.32, n.3, p.56-61, set./dez. 2019.

SILVA, N. C. de A. Conservação, diversidade e distribuição de variedades locais de milho e seus parentes silvestres no Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil. 2015. 228f. **Tese** (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.

SILVA, N. C. de A.; OGLIARI, J. B. Milho Pipoca: mulheres agricultoras conectando o passado e o presente. **Agricultoras**, v. 12, n. 4, dez de 2015.

SILVA, N. C. DE A.; VIDAL, R. & OGLIARI, J. B. New popcorn races in a diversity microcenter of *Zea mays* L. in the Far West of Santa Catarina, Southern Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 1-20, 2016.

SILVA, A. L. da; VIEIRA, H. J.; DIAS FILHO, C. L.; MALINOVSKI, L. I.; BORGHEZAN, M.; LIVRAMENTO, G. Avaliação físico-química da banana “Nanicão” de Corupá/SC. In: Banana da Região de Corupá - Dossiê Técnico-Científico, 2016. Disponível em <[http://www.laske.com.br/clientes/sebrae/ig\\_banana/livro\\_02\\_ig\\_banana.pdf#page=60](http://www.laske.com.br/clientes/sebrae/ig_banana/livro_02_ig_banana.pdf#page=60)>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

SILVA, G. L. de S.; PEREIRA, M. B.; SANTOS, M. H. dos. Caracterização genética e fenotípica da cana-de-açúcar (*Saccharum* Sp.) utilizada na área delimitada pela Indicação Geográfica da cachaça de Paraty-RJ. In: XI Fórum da Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016, Rio de Janeiro/RJ. **Anias...** XI Fórum da Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SIBSC). 2013. SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da (eds.). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SOUZA, R. DE.; PINTO, T. T.; OGLIARI, J. B. Analysis of on farm conservation of sweet corn in a diversity microcenter of *Zea mays* L. in Southern Brazil. **Maydica**, v. 65, n. 01, 2020.

SOUZA, R. de. Diversidade de variedades crioulas de milho doce e adocicado conservadas por agricultores do Oeste de Santa Catarina. 2015. 190f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis - SC.

SOUZA, R. de. Variedades locais de milho doce do Extremo Oeste de Santa Catarina: Caracterização, potencial agrônomo e estudo de base genética. 2019. 178f. **Tese** (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis - SC.

SOUZA, S. M. de; PAES, M. C. D.; TEIXEIRA, F. F. **Milho Doce: origem de mutações naturais**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

SOUZA, G. M.; BARBOSA, A. de M. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. **Visão Agrícola** – ESALQ/USP, n.13, 2015. Disponível em:<[https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA\\_13\\_Fisiologia-artigo3.pdf](https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo3.pdf)> Acesso em: 30 de maio de 2020.

SOUZA, J. J. R. A utilização do método de projeto em experimento de avaliação de cultivares de milho doce para agroindústria na regiões de Morrinhos-GO. 2005. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seripédica, 2005.

SUWA, R.; HAKATA, H.; HARA, H.; EL-SHAMY, H. A.; ADU-GYAMFI, J.; NGUYEN, T.; KANAI, S.; LIGTHFOOT, D. A.; MOHAPATRA, P. K.; FUJITA, K. High temperature effects on photosynthate partitioning and sugar metabolism during ear expansion in maize (*Zea mays* L.) genotypes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 124-130, 2010.

SZYMANEKA, M.; TANASÁ, W; KASSARB, F. H. Kernel carbohydrates concentration in sugary-1, sugary enhanced and shrunken sweet corn kernels. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 7, p. 260 - 264, 2015. Doi: 10.1016/j.aaspro.2015.12.044

TEIXEIRA, F. F.; MIRANDA, R. A. DE; PAES, M. C. D.; SOUZA, S. M. de; GAMA, E. E. G. **Melhoramento de Milho Doce**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013.

TEIXEIRA, F. F.; SOUZA, I. R. P.; GAMA, E. E. G.; PACHECO, C. A. P.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; MEIRELLES, W. F. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 483–488. 2001.

TRACY, W. F. **Sweet corn**. In: Hallauer, A.R. Specialty corn. Boca Raton, p.155-198, 2001.

UMBREIT, W.W.; BURRIS, R.H.; STAUFFER, J.F. **Manometric techniques**. Minneapolis: Burgess, 1964

USDA. United States Department of Agriculture. 2020. U.S. **Sweet Corn Statistics**. Disponível:<<https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/1r66j112r?locale=en>> Acesso em: 22 de agosto de 2020.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, Revista Brasileira de Genética, 1992.

VIDAL, R.; SILVA, N C. A.; OGLIARI, J. B. Causas de la perdida de variedades criollas de maíz em el estado de Santa Catarina, Sur del Brasil. In: XXV Congresso Nacional e V Intercacional de Fitogenética, 2014, San Luis Patosi. **Anais... XXV de Congresso Nacional e V Intercacional de Fitogenética**, 2014.

ZHAO, F. ; JING, L. ; YAN, F.; LU, D.; WANG, G.; LU, W. Effects of heat stress during grain filling on sugar accumulation and enzyme activity associated with sucrose metabolism in sweet corn. **Acta Agronomica Sinica**, v. 39, n. 9, p. 1644-1651, 2013. DOI : 10.3724/SP.J.1006.2013.01644

ZEVEN, A. C. Landraces: A review of definitions and classifications. **Euphytica**, v. 104, p. 127-139, 1998.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; GUISTEM, J. M.; HENNING, F. A.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de milho doce classificadas pela espessura e largura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 71-78, 2014.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. WIPO. **Resolução INPI nº 75, de 28 de novembro de 2000.** Disponível em:<<https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/pt/br/br070pt.pdf>>. Acesso em: 07 de agosto de 2020.

## 7 CAPÍTULO II – ANÁLISE DIALÉLICA DE VARIEDADES LOCAIS DE MILHO DOCE PARA CARACTERES DE QUALIDADE QUÍMICA DOS GRÃOS

### 7.1. RESUMO

Variedades locais de milho doce cultivadas no Extremo Oeste de Santa Catarina (EOSC) possuem os genes mutantes *sugary1* e *shrunk2* para o fenótipo doce. O objetivo do presente capítulo foi avaliar a capacidade de combinação de variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC, por meio de análise dialélica, para a porcentagem de açúcares solúveis totais e amido e para a relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos. Para tanto, amostras de milho verde de seis variedades genitoras e 15 híbridos intervarietais F1's foram obtidas a partir de dois experimentos conduzidos nos municípios de Anchieta e Guaraciaba/SC. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com duas repetições e área útil de parcela de 2 m<sup>2</sup>, a partir da qual foi obtida uma amostra de grãos de cinco espigas polinizadas manualmente e colhidas aos 21 dias após a polinização. Foram avaliadas as porcentagens de açúcares solúveis totais (AST) e amido (AM) e a relação entre açúcares solúveis totais e amido (AST/AM) na matéria seca dos grãos. A análise dialélica apontou diferença significativa pelo teste F ( $p \leq 0,5$ ) para os genótipos e para as estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) o e evidenciou efeito não significativo para a interação CGC x local e CEC x local. A ocorrência de estimativas significativas de CGC e CEC comprovam a existência de variabilidade genética associada aos efeitos gênicos aditivos e não aditivos, que permitem o uso de estratégias de seleção intrapopulacionais e interpopulacionais. As variedades 2255A e 2276A apresentam maiores estimativas de CGC. Destacaram-se os híbridos intervarietais F1's 2255A x 319A, 2255A x 2029A, 2255A x 2276A, Doce Cubano x 2276A, 2276A x 2029A e 2255A x 741B quanto a CEC. Os compostos biparentais derivados das combinações 2255A x 319A e 2255A x 2276A, composto triplo 2255A x 2276A x 2029A, e os compostos quádruplos 2255A x 741B x 2276A x 319A e 2255A x 2276A x 2029A x 319A são os mais indicados para a formação de populações compostas seguida de seleção intrapopulacional, visando o aumento da concentração de açúcares nos grãos.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L.; açúcares solúveis totais; capacidade combinatória, híbridos intervarietais F1's, populações compostas.

## 7.2. INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* L.) é um tipo especial de milho, destinado exclusivamente para consumo humano, *in natura* ou processado em forma de sopas e cremes de milho e em conservas de milho verde ou minimilho (PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016). No mundo são cultivados cerca de 1,04 milhões de hectares com este tipo milho, sendo os Estados Unidos o maior produtor (USDA, 2020). No Brasil, são cultivados cerca de 40 mil hectares com milho doce (TEIXEIRA et al., 2013) e a produção comercial é destinada, principalmente, para indústria de milho verde em conserva (PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016).

Tanto o milho comum quanto o milho doce podem ser utilizados para a produção de milho verde. Porém o milho doce apresenta melhores características sensoriais, como a maior concentração de açúcares, pericarpo mais fino e endosperma com textura delicada (PARENTONI, et al., 1990). Por essa razão, o consumidor tem preferência por milho verde obtido do milho doce (KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007). Acredita-se numa tendência de maior produção de milho doce no Brasil nos próximos anos, em consequência da demanda crescente da indústria e do consumo *in natura* (PEREIRA FILHO & TEIXEIRA, 2016; KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007).

O cultivo do milho doce pode ser uma fonte de renda compensadora para agricultores, em razão do alto preço do produto no mercado e da possibilidade de uso da parte vegetativa, após a colheita do milho verde, como forragem para a alimentação animal (PEREIRA FILHO & TEIXEIRA, 2016). Além do mais, o milho doce pode ser uma alternativa para a diversificação de cultivos, como por exemplo, das áreas ocupadas pela fumicultura no Sul do Brasil, que compreende a maior parte da produção nacional de tabaco (ZAJONZ et al., 2017). No entanto, o cultivo de milho doce ainda é pouco difundido, em razão da falta de variedades adaptadas às condições ambientais brasileiras (PEREIRA FILHO & TEIXEIRA, 2016). Existem 77 cultivares de milho doce registradas no RNC (Registro Nacional de Cultivares) (BRASIL, 2019), porém poucas sementes estão disponíveis no mercado brasileiro (TEIXEIRA et al., 2013).

O principal fator para a comercialização do milho doce é o sabor doce dos grãos em estágio de grão leitoso, quando é denominado milho verde (PEDROTTI et al., 2003). A presença de genes mutantes altera a síntese de amido no endosperma dos grãos, aumentando a concentração de substâncias adocicadas, como de açúcares e fitoglicogênio (TRACY 2001). Os genes mutantes conhecidos por conferir o fenótipo doce no milho são: *sugary1 (su1)*; *dull*

(*du*) e *amilose-extender* (*ae*), *shrunk-en-2* (*sh2*); *brittle1* (*bt1*); *sugary enhancer* (*se*); *brittle-2* (*bt2*) e *waxy* (*wx*) (BOYER; SHANNON, 1983). Apesar de existirem diversos mutantes para este fenótipo, a base genética do milho doce é estreita (TRACY, 2001). Acredita-se que no mundo existam apenas 300 variedades de milho doce de polinização aberta. No Brasil, a base genética do milho doce é ainda menor, pois apenas 20 acessos são mantidos no Banco Ativo de Germoplasma de milho (BAG milho) da Embrapa Milho e Sorgo. Além do mais, os acessos de milho doce do BAG Milho podem ter genitores em comum, tendo em vista que a maior parte tem origem de programas de melhoramento (TEIXEIRA et al., 2019).

Uma reserva genética importante de variedades locais ou crioulas (*landraces*) de diferentes tipos de milho é abrigada no Extremo Oeste de Santa Catarina (EOSC) – Sul do Brasil (SOUZA et al., 2020; OGLIARI, 2019; COSTA et al., 2016), onde são cultivadas variedades de milho doce. No entanto, a diversidade desse tipo de milho na região encontra-se ameaçada, em decorrência da erosão genética (REICHERT JR. et al., 2020; SOUZA et al., 2020). Em vista disto, o Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade (NEABio), em parceria com organizações de agricultores da região, vem desenvolvendo pesquisas que visam promover a conservação deste importante recurso genético local.

Até o presente momento, as atividades com as variedades locais de milho doce do EOSC, envolveram a coleta, caracterização, conservação das sementes em banco de germoplasma (SOUZA, 2015), identificação dos genes mutantes que conferem o fenótipo doce - *sugary1* (*su1*) e *shrunk-en2* (*sh2*) (SOUZA, 2019), estudos de base genética de caracteres agrônômicos por meio de cruzamentos dialélicos e avaliação do potencial das variedades locais de milho doce e de populações derivadas para o desenvolvimento de um programa de Melhoramento Genético Participativo focado em características agrônômicas, morfológicas, fenológicas (SOUZA, 2019).

O termo dialelo é usado para expressar um conjunto de híbridos, resultantes do cruzamento entre genitores (linhagens, variedades, clones, entre outros) (CRUZ & REGAZZI, 2001). A análise dialélica permite inferir sobre diversos parâmetros úteis na seleção de genitores e sobre os efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ & REGAZZI, 2001). Dentre as metodologias de análise dialélica, a proposta por Griffing (1956), permite obter as estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) e da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) (CRUZ & REGAZZI, 2001). As estimativas de  $\hat{g}_i$  proporcionam informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos e são de grande utilidade na indicação de genitores a serem utilizados em programas de

melhoramento intrapopulacional (CRUZ & REGAZZI, 2001). Os efeitos da capacidade específica de combinação, estimados como desvio do comportamento em relação ao que seria esperado com base na capacidade geral de combinação, são medidas dos efeitos gênicos não aditivos e são úteis na indicação de melhores combinações híbridas (CRUZ & REGAZZI, 2001).

O melhoramento genético participativo (MGP) é uma metodologia diferenciada de desenvolvimento de tecnologia científica (variedade melhorada), que associa o conhecimento de uso tradicional ao conhecimento científico e é considerada uma estratégia de estímulo à conservação de variedades locais, através da sua valorização pelo uso (OGLIARI et al., 2013a; 2013b; BOEF; OGLIARI, 2007; 2008; MACHADO, 2014). Esta metodologia de melhoramento genético permite que os critérios considerados importantes para os agricultores sejam utilizados como norteadores dos objetivos do melhoramento (BOEF; OGLIARI, 2007).

Do ponto de vista dos agricultores (as) que cultivam o milho doce no EOSC para o autoconsumo, o sabor doce é um dos parâmetros mais relevantes, juntamente com a maciez dos grãos (SOUZA et al., 2019). Portanto, além das características agrônômicas, morfológicas e fenológicas, a composição química dos grãos é fundamental na identificação das melhores combinações de genitores com potencial para o programa de MGP das variedades de milho doce do EOSC. Diante disso, o objetivo do presente capítulo foi avaliar a capacidade de combinação de variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC para a porcentagem de açúcares solúveis totais e amido e para a relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos.

### 7.3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 7.3.1. Material vegetal

As amostras de grãos em estágio de grão leitoso das variedades de milho doce do presente estudo foram obtidas a partir de dois experimentos conduzidos na região do EOSC (Sul do Brasil), na safra 2017/2018. Os experimentos foram constituídos por 21 genótipos, sendo: seis variedades de milho doce *sugary1* (cinco variedades locais (VL's) procedentes do EOSC e o acesso Doce Cubano procedente do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Milho da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e 15 híbridos intervarietais F1's (Tabela 8), obtidos por Souza (2019), seguindo o esquema de dialelo completo (Tabela 9).

**Tabela 8.** Variedades de milho doce (*sulsul*) e híbridos intervarietais F1's.

Nome genitor/híbrido intervarietal F1	
Doce Cubano	741B
Doce Cubano x 2255A	741B x 2276A
Doce Cubano x 741B	741B x 2029A
Doce Cubano x 2276A	741B x 319A
Doce Cubano x 2029A	2276A
Doce Cubano x 319A	2276A x 2029A
2255A	2276A x 319A
2255A x 741B	2029A
2255A x 2276A	2029A x 319A
2255A x 2029A	319A
2255A x 319A	-

**Tabela 9.** Esquema de cruzamentos dialélicos completo entre seis variedades de milho doce, portadoras do genótipo *sulsul*.

	Doce Cubano (1)	2255A (2)	741B (3)	2276A (4)	2029A (5)	319A (6)
♀						
♂						
Doce Cubano	<b>Y<sub>11</sub></b> *	Y <sub>12</sub>	Y <sub>13</sub>	Y <sub>14</sub>	Y <sub>15</sub>	Y <sub>16</sub>
2255A (2)		<b>Y<sub>22</sub></b>	Y <sub>23</sub>	Y <sub>24</sub>	Y <sub>25</sub>	Y <sub>26</sub>
741B (3)			<b>Y<sub>33</sub></b>	Y <sub>34</sub>	Y <sub>35</sub>	Y <sub>36</sub>
2276A (4)				<b>Y<sub>44</sub></b>	Y <sub>45</sub>	Y <sub>46</sub>
2029A (5)					<b>Y<sub>55</sub></b>	Y <sub>56</sub>
319A (6)						<b>Y<sub>66</sub></b>

\* Y<sub>ij</sub>, se i=j intercruzamento entre plantas da mesma variedade, se i≠j, cruzamento entre plantas de diferentes variedades. Fonte: Souza (2019).

As variedades locais avaliadas no presente estudo fazem parte de um conjunto total de 13 variedades de milho doce conservadas *in situ*-on farm no EOSC, que foram coletadas por integrantes do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade da Universidade Federal de Santa Catarina (NEABio/UFSC), junto aos mantenedores dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, entre os anos de 2011 e 2016. Estas variedades foram caracterizadas e encontram-se armazenadas no Banco Ativo de Germoplasma de Milho da UFSC (SOUZA, 2019; SOUZA, 2015). As cinco variedades locais selecionadas para fazer parte desta pesquisa representam a diversidade genética referência de milho doce presente no EOSC (com grau de confiança de 90%), para as seguintes características quantitativas: peso de espigas; comprimento de espigas; volume de grãos; e peso de grãos. Tal resultado foi obtido por meio da fórmula:  $n = \frac{t(0,05;GL)^2 \cdot S^2}{\bar{y} - \mu}$ , em que S<sup>2</sup>: variância da população; μ: média da população; e  $\bar{y}$ : média da amostra (COCHRAN, 1977). O resultado foi ajustado para população finita,



utilizando a fórmula:  $n' = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}$ , em que N: tamanho da população finita (BARTLETT et al., 2001).

### 7.3.2. Técnicas experimentais

Os experimentos foram conduzidos em unidades de produção familiar de mantenedores de variedades locais de milho, nos municípios de Anchieta (ANC) e Guaraciaba (GBA). Em ANC, o experimento foi implantado em altitudes de 717 metros (L1) e em GBA, o experimento foi implantado em altitude de 624 metros (L2). Na região de condução dos experimentos (EOSC) a temperatura média anual é de 17,8 °C e a precipitação pluviométrica anual é de cerca de 1.700 a 2.000 mm (IBGE, 2010).

O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, contendo duas repetições e parcelas representadas por duas fileiras de quatro metros lineares de comprimento, espaçadas em 1,0 m entre si e densidade de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A área útil de 2 m<sup>2</sup> foi constituída pela parte central das duas fileiras e a partir da qual foi obtida uma amostra de grãos de cinco espigas aleatórias de cada tratamento, polinizadas manualmente.

A polinização assistida iniciou com a proteção das espigas antes do florescimento feminino com saco plástico. No estágio de florescimento masculino, os pendões foram protegidos com saco de papel *kraft*, para a coleta de pólen. As espigas foram polinizadas de forma manual por um *bulk* de pólen coletado de várias plantas da mesma variedade. A polinização manual foi realizada com objetivo de evitar a contaminação com pólen de outras variedades, tendo em vista que diferentes variedades foram cultivadas na mesma área.

As espigas foram colhidas no 21º dia após a polinização manual, em estágio de grão leitoso e com umidade entre 70 a 80%. Os grãos da parte central de cada espiga foram retirados, congelados em nitrogênio líquido e mantidos em freezer -80 °C, no Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

### 7.3.3. Quantificação de açúcares solúveis totais e amido nos grãos

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Agrobiodiversidade (LAGROBio), com o apoio dos Laboratórios de Fitopatologia e de Morfogênese e Bioquímica Vegetal do Departamento de Fitotecnia (CCA/UFSC). Para as

análises laboratoriais, as amostras de grãos foram liofilizadas, fragmentadas e submetidas aos procedimentos de extração de açúcares solúveis totais (AST) e amido (AM) em triplicatas.

A extração de açúcares solúveis totais foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Shannon (1968). Foram adicionadas 2 ml da solução MCA (metanol: clorofórmio: água) (12:5:3, v/v), em uma amostra de 50 mg de massa seca (liofilizadas). A solução foi centrifugada (4000 rpm, por 10 minutos) e seguida da coleta do sobrenadante. O resíduo foi novamente diluído com 2 mL da solução de MCA, centrifugado (4000 rpm, por 10 minutos) e retirado o sobrenadante. 80  $\mu$ L dos sobrenadantes foram diluídos em 3920  $\mu$ L de MCA (ajustada de acordo com a amostra). Posteriormente, foram adicionados 1 mL de clorofórmio e 1,5 mL de água e o extrato novamente centrifugado (4000 rpm por 5 minutos). Após centrifugação, o extrato formou duas fases, sendo a fase superior coletada e utilizada para a quantificação dos açúcares, de acordo com o método de Umbreit e Burris (1964). Aliquotas de 1 mL do extrato, acrescidos de 2 mL da solução de Antrona 0,2% (200 mg de Antrona em 100 mL de Ácido Sulfúrico concentrado), foram agitadas em vortex e aquecidas em banho-maria a 100° C por três minutos. Com as amostras resfriadas, 300  $\mu$ L foram transferidos para microplaca para leitura de absorbância (620 nm), em leitor de microplacas, modelo Spectramax Paradigm. A quantificação dos açúcares solúveis totais foi realizada a partir da curva padrão de glucose (5; 10; 25; 50; 75; 100 mg/mL;  $r^2 = 0,99$ ;  $y = 0,0081x$ ). Os resultados foram expressos em miligramas (mg) de AST por grama (g) de massa seca.

A quantificação de AM foi realizada utilizando o resíduo proveniente da extração de AST, seguindo o método de McCready et al. (1950). Foram adicionados 2 mL de Ácido Perclórico 30% e o extrato centrifugado (4000 rpm, por 10 minutos). O sobrenadante foi coletado e o resíduo novamente extraído com 2 mL de Ácido Perclórico 30% e centrifugação (4000 rpm, por 10 minutos). 80  $\mu$ L dos sobrenadantes foram diluídos em 3920  $\mu$ L de MCA (ajustada de acordo com a amostra). Aliquotas de 1 mL do extrato, acrescidos de 2 mL da solução de Antrona 0,2%, foram agitadas em vortex e aquecidas em banho-maria a 100° C por três minutos. Com as amostras resfriadas, 300  $\mu$ L foram transferidos para microplaca para leitura de absorbância (620 nm), em leitor de microplacas, modelo Spectramax Paradigm. A quantificação de amido foi realizada a partir da curva padrão de amido (5; 10; 25; 50; 75; 100 mg/mL;  $r^2 = 0,98$ ;  $y = 0,0065x$ ). Os resultados foram expressos em miligramas (mg) de amido por grama (g) de massa seca.

### 7.3.4. Análises genéticas e estatísticas

Os dados foram submetidos a exames preliminares individuais quanto a homogeneidade das variâncias dos tratamentos através do Teste de Hatley ( $F_{\text{máx.}} = \frac{>s^2}{<s^2} \leq F_{0,025}$ ). Para análise conjunta dos dois locais, a homogeneidade de variâncias foi testada através da relação entre o maior quadrado médio residual e o menor quadrado médio residual, obtidos a partir das análises de variância individuais, conforme proposto por Pimentel Gomes (1978), sendo  $\frac{>QME}{<QME} \leq 4$ . Atendendo aos pressupostos de homogeneidade, os dados foram analisados por meio da análise dialélica individual e conjunta, com probabilidade em nível de 5% de significância pelo teste F.

A análise da capacidade combinatória foi realizada de acordo com Método II de Griffing (1956), no qual são incluídos na análise os genitores e os híbridos F1's, sem considerar os recíprocos. O efeito de tratamento foi considerado como aleatório e decomposto em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC).

Na análise individual foi utilizando o seguinte modelo estatístico-matemático aleatório:  $Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + b_k + \epsilon_{ijk}$ , em que:  $Y_{ijk}$  = valor médio da combinação híbrida ( $i \neq j$ ) ou do genitor ( $i=j$ );  $\mu$  = média geral dos tratamentos;  $g_i$  e  $g_j$  = efeito da capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo ou  $j$ -ésimo genitor ( $i, j = 1, 2 \dots 6$ );  $s_{ij}$  = efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;  $b_k$  é o efeito do  $k$ -ésimo blocos, suposto aleatório;  $\epsilon_{ijk}$  = erro experimental médio associado a observação de ordem  $ijk$ .

As estimativas dos componentes de variância dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) foram obtidas pelas fórmulas:  $\sigma^2 g_i = \frac{QMG - QMS}{(P+2)r}$  e as estimativas dos componentes de variância dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) foram obtidas pela fórmula:  $\sigma^2 s_{ij} = \frac{QMS - QMR}{r}$  (CRUZ & REGAZZI, 2001). Em que, QMG: quadrado médio da capacidade geral de combinação; QMS: quadrado médio da capacidade específica de combinação; QMR: quadrado médio do resíduo;  $p$ : número de progenitores;  $r$ : número de repetições.

Na análise conjunta empregou-se o modelo estatístico-matemático aleatório dado por:  $Y_{ijkl} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + l_z + l_{giz} + l_{gjz} + l_{sijz} + b_k(z) + \epsilon_{ijkz}$  em que:  $Y_{ijkz}$  = valor médio a combinação híbrida ( $i \neq j$ ) ou do genitor ( $i=j$ );  $\mu$  = média geral dos tratamentos;  $g_i$  e  $g_j$

= efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo ou j-ésimo genitor ( $i, j = 1, 2 \dots 6$ );  $s_{ij}$  = efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;  $l_z$  = efeito do ambiente (1, 2);  $lg_{iz}$  e  $lg_{jz}$  = efeitos da interação da capacidade geral de combinação dos genitores  $i$  e  $j$  com o  $z$  i-ésimo ambiente;  $as_{ijz}$  = efeitos da interação da capacidade específica de combinação dos genitores  $i$  e  $j$  com o  $z$  i-ésimo ambiente;  $b_k(z)$  é o efeito de blocos dentro de ambientes, e  $e_{ijkz}$  = erro experimental médio associado a observação de ordem  $ijkz$ .

As estimativas dos componentes de variância associados à capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) foram obtidas pelas fórmulas:  $\sigma^2 g_i = \frac{QMG - QMS}{(p+2)ra}$  e as estimativas dos componentes de variância dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ), foram obtidas pela fórmula:  $\sigma^2 s_i = \frac{QMS - QMR}{ra}$ ; (CRUZ & REGAZZI, 2001). Em que, QMG: quadrado médio da capacidade geral de combinação; QMS: quadrado médio da capacidade específica de combinação; QMR: quadrado médio do resíduo; QMA: quadrado médio dos ambientes; QMg: quadrado médio dos genótipos;  $p$ : número de parentais;  $r$ : número de repetições; e  $a$ : número de ambientes.

As estimativas de  $\hat{g}_i$  associadas aos efeitos da capacidade geral de combinação foram obtidas pela fórmula:  $\hat{g}_i = \frac{1}{p+2} [Y_{ii} + Y_i - \frac{2}{p} Y_{..}]$ , em que:  $p$ : número de parentais;  $Y_{ij}$ : média do genitor, quando  $i = j$ ;  $Y_i$ : somatório das combinações do genitor  $i$  com os demais genitores; e  $Y_{..}$ : somatório total das combinações  $ij$ .

As estimativas de  $\hat{s}_{ij}$  associadas aos efeitos da capacidade específica de combinação foram obtidas pela fórmula:  $\hat{s}_{ij} = Y_{ij} - \frac{1}{p+2} [Y_{ii} + Y_{jj} + Y_i + Y_j] + \frac{2}{(p+1)(p+2)} Y_{..}$ , em que:  $p$ : número de parentais;  $Y_{ij}$ : média do genitor, quando  $i = j$ ; ou do híbrido, quando  $i \neq j$ ;  $Y_i$ : somatório das combinações do genitor  $i$ ;  $Y_j$ : somatório das combinações do genitor  $j$ ; e  $Y_{..}$ : somatório total das combinações  $ij$  (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Como critério para considerar a existência de diferença entre dois genitores quaisquer, para estimativas de  $\hat{g}_i$ , adotou-se a diferença que ultrapassar o valor de um desvio padrão ( $DP = \hat{g}_i - \hat{g}_j$ ) e para considerar a existência de diferença entre híbridos intervarietais  $F_1$ 's, para estimativas de  $\hat{s}_{ij}$ , adotou-se a diferença que ultrapassar o valor de um DP ( $\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kl}$ ), sendo essa diferença chamada de amplitude de variação, conforme descrito por Kwiatkowski & Clement (2007) e Cardoso (2001).

Os valores preditos (VP) para os compostos foram estimados para compostos Tipo A x B (VP<sub>2</sub>) com dois genitores, tipo A x B x C (VP<sub>3</sub>) com três genitores, e tipo A x B x C x D (VP<sub>4</sub>) com quatro genitores, dados pelas fórmulas:

$$VP_2 = \frac{Y_{ii} + Y_{jj} + 2Y_{ij}}{4},$$

$$VP_3 = \frac{Y_{ii} + Y_{jj} + Y_{kk} + 2(Y_{ik} + Y_{ij} + Y_{jk})}{9} \text{ e}$$

$$VP_4 = \frac{Y_{ii} + Y_{jj} + Y_{kk} + Y_{mm} + 2(Y_{ij} + Y_{ik} + Y_{im} + Y_{jk} + Y_{jm} + Y_{km})}{16},$$

em que: Y<sub>ij</sub>: média do genitor, quando i = j, ou do híbrido, quando i ≠ j, da variável selecionada.

Todas as análises estatísticas e genéticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 1997).

## 7.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.4.1. Análise dialélica

Na análise dialélica individual, a CEC das variedades diferiu significativamente entre si pelo teste F ( $p \leq 0,5$ ) para as todas as variáveis em ambos os locais e a CGC das variedades diferiu significativamente entre si pelo teste F ( $p \leq 0,5$ ) para AM em L1 e para AST/AM em L2 (Tabela 10).

**Tabela 10.** Estimativa dos quadrados médios da análise dialélica individual de três caracteres de grãos de 6 genitores e 15 híbridos intervarietais F1's de milho doce (*sugary1*), avaliados em Anchieta (L1) e Guaraciaba (L2), Santa Catarina – Sul do Brasil, safra 2017/2018.

FV	GL	QM					
		AST		AM		AST/AM	
		L1	L2	L1	L2	L1	L2
Bloco	1	4,95	15,97	3,00	15,80	0,002	0,008
Genótipo	20	32,48**	31,82**	39,15**	34,24**	0,06**	0,05**
CGC	5	62,46 <sup>ns</sup>	57,45 <sup>ns</sup>	89,00*	65,20 <sup>ns</sup>	0,15**	0,11*
CEC	15	22,49**	23,28**	22,54**	23,92**	0,03**	0,03**
Resíduo	20	2,37	3,35	2,37	3,48	0,002	0,005
Média		17,72	17,60	34,93	35,01	0,52	0,52
CV(%)		8,69	10,39	4,40	5,30	8,70	13,30
Componentes <sup>1</sup>	gi	2,50	2,14	4,15	2,58	0,007	0,005

	$\hat{\sigma}_{ij}$	10,06	9,97	10,09	10,22	0,014	0,014
--	---------------------	-------	------	-------	-------	-------	-------

AST: porcentagem de açúcares solúveis totais; AM: porcentagem de amido; AST/AM: relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos; <sup>1</sup>Componentes de variância associados a capacidade geral ( $\hat{\sigma}_i$ ) e a capacidade específica ( $\hat{\sigma}_{ij}$ ) de combinação; ns: não significativo; \*\* e \* significativo a 1% e 5% probabilidade pelo Teste F.

Os experimentos apresentaram boa precisão, com coeficientes de variação (CV's) variando de 4,40% a 8,70% em L1 e de 5,30% a 13,30% em L2 (Tabelas 10). Conforme a classificação de Pimentel Gomes (1978), os CV's foram considerados baixos (CV < 10%) em L1 e médios (CV < 20%) em L2.

No desdobramento dos efeitos dos tratamentos em CGC e CEC da análise conjunta foram detectadas diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) para os genótipos e para as estimativas dos efeitos da CEC para todas as variáveis e diferença significativa ( $p < 0,05$ ) e para as estimativas dos efeitos da CGC para as variáveis AM e AST/AM. Com relação aos efeitos da interação genótipos x local (G x L), diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) foram identificadas somente para AST/AM. Não houve efeito significativo da interação CGC x local (CGC x L) e da interação CEC x Local (CEC x L) (Tabela 11).

**Tabela 11.** Estimativas dos quadrados médios da análise dialélica conjunta de três caracteres de grãos de 6 genitores e 15 híbridos intervarietais F1's de milho doce (*sugary1*), avaliados em Anchieta (L1) e Guaraciaba (L2), Santa Catarina, safra 2017/2018.

FV	GL	QM		
		AST	AM	AST/AM
Bloco/L	2	10,46	9,40	0,05
Local (L)	1	0,35 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,0010 <sup>ns</sup>
Genótipo (G)	20	59,24**	68,65**	0,1043**
CGC	5	110,01 <sup>ns</sup>	147,33*	0,2423**
CEC	15	42,31**	42,29**	0,0584**
G x L	20	5,07 <sup>ns</sup>	4,84 <sup>ns</sup>	0,0070*
CGC x L	5	9,90 <sup>ns</sup>	6,88 <sup>ns</sup>	0,0135 <sup>ns</sup>
CEC x L	15	3,46 <sup>ns</sup>	4,16 <sup>ns</sup>	0,0048 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	2,86	2,93	0,0034
Média geral		17,66	34,97	0,52
CV (%)		9,56	4,89	11,21
Componentes <sup>1</sup>	$\hat{\sigma}_i$	2,12	3,28	0,006

---

$\hat{\sigma}_{ij}$	9,15	9,11	0,013
---------------------	------	------	-------

---

AST: porcentagem de açúcares solúveis totais; AM: porcentagem de amido; AST/AM: relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos; QM: quadrado médio; CGC: Capacidade Geral de Combinação; CEC: Capacidade Específica de Combinação; <sup>1</sup> Componentes de variância associados a capacidade geral ( $\hat{\sigma}_i$ ) e a capacidade específica ( $\hat{\sigma}_{ij}$ ) de combinação; ns: não significativo; \*\* e \* significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo Teste F.

A análise conjunta também mostrou boa precisão dos experimentos. Os coeficientes de variação (CV's) foram de 9,56% para AST, 4,89% para AM e 11,21% para AST/AM (Tabelas 11). Conforme a classificação de Pimentel Gomes (1978), os CV's foram considerados baixos para AST e AM (CV < 10%) e médio para AST/AM (CV < 20%). Estes valores foram inferiores aos reportados por Scapim et al. (1996), que relatou CV's de 16,47% e 27,27% ao avaliar o conteúdo de açúcares totais e açúcares redutores em grãos de milho doce, respectivamente.

Diferenças significativas para a CGC com relação às características AM e AST/AM permitem inferir que as variedades contribuíram diferentemente nos cruzamentos nas quais estavam envolvidas. Cardoso (2001) relatou efeito não significativo da CGC para o teor de sólidos solúveis totais. Em contrapartida, efeitos significativos da CGC foram relatados por Xavier et al. (2019) para características de teor de sólidos solúveis totais, rendimento de espiga, rendimento de grãos, dias para floração, altura da planta, altura de espiga, diâmetro e comprimento de espiga e número de fileiras de grãos em dialelos envolvendo genótipos de milho doce *bt2bt2*. Durães et al. (2017), em estudo dialélico, verificaram efeito significativo da CGC para diversas características associadas com rendimento e qualidade em milho super doce em dois locais no estado do Rio de Janeiro (RJ), indicando que os genitores diferiram na frequência de alelos favoráveis, existindo aqueles mais promissores para a formação de populações superiores.

Diferenças significativas para o efeito da CEC com relação aos três caracteres indicam que existem combinações híbridas que tiveram performance diferente do que era esperado com base nos efeitos da CGC dos genitores. Em estudo dialélico, Oliboni et al (2013) e Durães et al. (2017) também relataram efeito significativo da CEC para diversos caracteres agrônômicos de milho doce. Segundo Hallauer et al. (2010), a CEC se manifesta em função dos efeitos de dominância e epistasia envolvidos no controle de determinadas características.

A análise conjunta no esquema dialélico revelou que ações gênicas aditivas e não aditivas foram importantes na expressão dos caracateres avaliados. No entanto, os componentes de variância devido aos efeitos da CEC ( $\hat{\sigma}_{ij}$ ) foram superiores aos componentes de variância devido aos efeitos da CGC ( $\hat{\sigma}_i$ ) (Tabela 11), indicando a predominância de efeitos gênicos não aditivos no controle dos caracteres analisados. Estes resultados estão em consonância com os reportados em diversos estudos realizados com o milho doce (SADAIAH et al., 2013; KHANDURI et al., 2010; KUMARI et al., 2008; CARDOSO, 2001). Ao estudar os efeitos gênicos envolvidos na concentração de açúcares totais nos grãos de milho doce, Sadaiah et al. (2013) e Kumari et al. (2008) relataram a predominância da ação gênica não aditiva. Khanduri et al. (2010) também relataram a maior importância da ação gênica não aditiva para a concentração de açúcares totais, açúcares redutores, açúcar não redutor e rendimento de grãos em milho doce. Cardoso (2001), ao avaliar híbridos portadores dos genes *sugary1* e *brittle1* quanto aos teores de sólidos solúveis totais, os quais são compostos principalmente por açúcares simples e sacarose, encontrou significância apenas para CEC e maior importância dos efeitos não aditivos, bem como algum grau de dominância no controle genético deste caráter, e atribuiu o processo às ações epistáticas e de dominância que ocorrem na rota de síntese de amido.

Segundo Cruz e Regazzi (2001), a significância das variações atribuídas aos efeitos não aditivos viabiliza o melhoramento interpopulacional para o desenvolvimento de híbridos. A ocorrência de significância das variações atribuídas aos efeitos aditivos viabiliza a indicação de populações a serem utilizados em programas de melhoramento intrapopulacional.

Embora os locais de condução dos experimentos sejam em diferentes altitudes, em dois municípios do estado de Santa Catarina, as diferenças entre os locais não foram suficientes para que se detectassem significância para as interações G x L, CGC x L e CEC x L. Isso ocorreu, possivelmente, por L1 e L2 estarem localizados na mesma microrregião agroecológica. Resultados semelhantes foram obtidos por Falcão et al. (2017) ao avaliarem variedades locais de milho em dois municípios de uma mesma microrregião no estado de Alagoas (AL).

#### **7.4.2. Estimação dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC)**

O efeito não significativo da interação CGC x L permitiu a estimação dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{\sigma}_i$ ) com base na média dos locais. Como critério para



considerar a existência de diferença entre dois genitores quaisquer, para estimativas de  $\hat{g}_i$  adotou-se a diferença que ultrapassar o valor de um DP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ ), sendo essa diferença chamada de amplitude de variação, conforme descrito por Kwiatkowski & Clement (2007) e Cardoso (2001). As estimativas da CGC para as variáveis avaliadas em cada local, bem como na média dos dois locais estão apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) e desvios-padrão (DP) para três caracteres de grãos de seis variedades de milho doce (*su1su1*) cultivados em Anchieta (L1) e Guaraciaba (L2), Santa Catarina, 2017/2018.

Genótipo	AST			AM			AST/AM		
	L1	L2	Média	L1	L2	Média	L1	L2	Média
Doce Cubano	-2,36	-2,97	<b>-2,66</b>	2,49	2,57	<b>2,53</b>	-0,11	-0,12	<b>-0,12</b>
2255A	2,93	1,31	<b>2,13</b>	-3,12	-2,88	<b>-3,00</b>	0,14	0,09	<b>0,11</b>
741B	-1,35	-0,35	<b>-0,85</b>	1,09	-0,20	<b>0,45</b>	-0,06	-0,01	<b>-0,04</b>
2276A	1,68	2,59	<b>2,14</b>	-1,97	-1,57	<b>-1,77</b>	0,08	0,10	<b>0,09</b>
2029A	-0,1	-0,75	<b>-0,43</b>	-0,93	0,42	<b>-0,26</b>	0,01	-0,03	<b>-0,01</b>
319A	-0,8	0,17	<b>-0,32</b>	2,43	1,66	<b>2,05</b>	-0,06	-0,02	<b>-0,04</b>
DP ( $\hat{g}_i$ )	0,35	0,42	<b>0,39</b>	0,35	0,43	<b>0,39</b>	0,010	0,015	<b>0,013</b>
DP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ )	0,54	0,65	<b>0,60</b>	0,54	0,66	<b>0,60</b>	0,016	0,024	<b>0,02</b>

AST: porcentagem de açúcares solúveis totais; AM: porcentagem de amido; AST/AM: relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos; DP: desvio padrão.

Para o caráter AST, os genitores Doce Cubano, 741B, 2029A e 319A contribuíram com os efeitos negativos de  $\hat{g}_i$  (-2,66, -0,85, -0,43 e -0,32, nesta ordem) e os genitores 2276A e 2255A contribuíram com os efeitos positivos (2,14 e 2,13, nesta ordem) (Tabela 12). As estimativas de  $\hat{g}_i$  dos genitores diferem para as AM e AST/AM, com exceção dos genitores 319A e Doce Cubano para AM e 741B e 319A para AST/AM, tendo em vista que a diferença entre suas estimativas médias de  $\hat{g}_i$  não ultrapassa o valor médio de um DP (0,60) para AM e (0,02) para AST/AM (Tabela 12). Para o caráter AST/AM, o maior efeito positivo de  $\hat{g}_i$  foi apresentado pela VL 2255A (0,11) e maior efeito negativo foi apresentado pela variedade Doce Cubano (-0,12). Para o caractere AM, o maior efeito negativo foi apresentado pela VL 2255A (-3,00%) e maior efeito positivo foi apresentado por Doce Cubano (2,53%).

A amplitude de variação entre 2255A e Doce Cubano foi de 9,22 desvios-padrão para AM e de 11,50 vezes o DP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ ) para AST/AM (Tabela 12). Estes valores são inferiores aos registrados por Kwiatkowski (2007) para características de composição química dos grãos de linhagens de milho doce, que reportou amplitude de variação de 28,35 vezes o DP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ )

para açúcares redutores, 53,86 vezes o DP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ ) para açúcares totais e de 37,02 desvios-padrão para a concentração de amido nos grãos.

Quando se tem baixa estimativa de  $\hat{g}_i$  (positiva ou negativa) o valor da CGC do genitor não difere muito da média geral dos cruzamentos dialélicos. Os genitores com estimativas elevadas de  $\hat{g}_i$  (positivas ou negativas) indicam que a média dos híbridos em que o genitor  $i$  participa, difere muito da média geral do dialelo (CRUZ & REGAZZI, 2001). Os resultados do presente estudo mostram que os genitores 2255A e 2276A foram os que mais contribuíram, em média, para o aumento da AST/AM, ao passo que, Doce Cubano foi aquele que menos contribuiu para esta característica, tendo maior contribuição para o aumento da AM. Os genitores 741B, 2029A e 319A (com baixos valores de  $\hat{g}_i$ ) apresentam CGC que não difere da média geral da população dialélica.

As estimativas de  $\hat{g}_i$  proporcionam informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos em seus efeitos e são úteis na indicação de genitores para o melhoramento intrapopulacional (CRUZ & REGAZZI, 2001). Os resultados obtidos no presente estudo denotam que as VL's 2255A e 2276A concentram maior número de genes favoráveis para a doçura dos grãos, devendo ser recomendados para programas de melhoramento intrapopulacional, em programas que visem aumento do teor de açúcares solúveis totais nos grãos de milho doce.

Em estudo dialélico de diversas características fenológicas, morfológicas e agrônômicas das variedades locais de milho doce do EOSC, Souza (2019) relatou que as variedades 2276A e 2255A apresentaram estimativas de  $\hat{g}_i$  positivas para a produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ), indicando-os como genitores favoráveis para aumentar a produtividade do milho doce por meio da seleção. Souza (2019) também relata que a variedades 2276A exibe estimativas de  $\hat{g}_i$  negativas para o ciclo de cultivo, indicando-a como um genitor favorável à seleção com o intuito de reduzir o ciclo vegetativo do milho doce.

#### **7.4.3. Estimação dos efeitos da capacidade específica (CEC)**

O efeito não significativo da interação CEC x L revelou que os híbridos F1's não exibem diferente comportamento *per se* diante da variação ambiental dos locais em que foram cultivados e suas frequências alélicas não diferem em L1 e L2. Assim sendo, a estimação dos efeitos da CEC foi feita com base na média dos locais (Tabela 13).

**Tabela 13.** Estimativas da capacidade específica de combinação ( $\hat{\sigma}_{ij}$ ) e desvios-padrão (DP) para três caracteres de grãos de 15 híbridos intervarietais F1's (*sulsul*) cultivados em Anchieta (L1) e Guaraciaba (L2), Santa Catarina, 2017/2018.

Genótipo	AST			AM			AST/AM		
	L1	L2	Média	L1	L2	Média	L1	L2	Média
Doce Cubano	-0,79	-2,58	<b>-1,69</b>	-3,96	-3,27	<b>-3,62</b>	0,04	-0,02	<b>0,01</b>
Doce Cubano x 2255A	-2,05	-3,35	<b>-2,70</b>	7,12	6,06	<b>6,60</b>	-0,16	-0,17	<b>-0,17</b>
Doce Cubano x 741B	-1,24	-1,65	<b>-1,45</b>	-0,81	0,12	<b>-0,35</b>	-0,01	-0,04	<b>0,03</b>
Doce Cubano x 2276A	1,47	4,5	<b>2,99</b>	-0,01	-0,98	<b>-0,48</b>	0,03	0,13	<b>0,08</b>
Doce Cubano x 2029A	0,29	3,43	<b>1,86</b>	3,39	0,79	<b>2,09</b>	-0,03	0,08	<b>0,03</b>
Doce Cubano x 319A	3,13	2,24	<b>2,69</b>	-1,79	0,55	<b>-0,62</b>	0,11	0,06	<b>0,09</b>
2255A	-6,77	-4,8	<b>-5,79</b>	-0,02	0,16	<b>0,07</b>	-0,22	-0,17	<b>-0,20</b>
2255A x 741B	2,45	0,56	<b>1,51</b>	-2,92	-1,64	<b>-2,28</b>	0,12	0,04	<b>0,08</b>
2255A x 2276A	3,61	3,54	<b>3,58</b>	-0,12	-0,18	<b>-0,15</b>	0,13	0,12	<b>0,13</b>
2255A x 2029A	5,27	3,82	<b>4,55</b>	-0,66	-2,00	<b>-1,33</b>	0,18	0,14	<b>0,16</b>
2255A x 319A	4,27	5,04	<b>4,66</b>	-3,40	-2,56	<b>-2,98</b>	0,17	0,20	<b>0,19</b>
741B	-1,66	0,71	<b>-0,48</b>	-1,14	-3,02	<b>-2,08</b>	-0,03	0,07	<b>0,02</b>
741B x 2276A	0,41	0,67	<b>0,54</b>	4,00	4,50	<b>4,26</b>	-0,06	-0,06	<b>-0,06</b>
741B x 2029A	0,19	-0,62	<b>-0,22</b>	1,10	0,28	<b>0,69</b>	-0,02	-0,03	<b>-0,03</b>
741B x 319A	1,52	-0,39	<b>0,56</b>	0,90	2,77	<b>1,84</b>	0,03	-0,05	<b>-0,01</b>
2276A	-2,01	-3,84	<b>-2,93</b>	-2,41	-1,58	<b>-2,00</b>	-0,02	-0,09	<b>0,06</b>
2276A x 2029A	1,60	1,61	<b>1,61</b>	-2,02	-4,64	<b>-3,33</b>	0,08	0,14	<b>0,11</b>
2276A x 319A	-3,06	-2,64	<b>-2,85</b>	2,94	4,46	<b>3,70</b>	-0,14	-0,15	<b>-0,15</b>
2029A	-3,31	-3,19	<b>-3,25</b>	-3,00	0,88	<b>-1,06</b>	-0,07	-0,11	<b>-0,09</b>
2029A x 319A	-0,73	-1,86	<b>-1,30</b>	4,21	3,80	<b>4,00</b>	-0,08	-0,10	<b>-0,09</b>
319A	-2,57	-1,19	<b>-1,88</b>	-1,43	-4,51	<b>-2,97</b>	-0,05	0,02	<b>-0,02</b>
DP ( $\hat{\sigma}_{ii}$ )	0,8	0,95	<b>0,88</b>	0,80	0,97	<b>0,89</b>	0,02	0,04	<b>0,03</b>
DP ( $\hat{\sigma}_{ij}$ )	0,97	1,15	<b>1,06</b>	0,96	1,17	<b>1,07</b>	0,03	0,04	<b>0,04</b>
DP ( $\hat{\sigma}_{ii}-\hat{\sigma}_{jj}$ )	1,09	1,29	<b>1,19</b>	1,09	1,32	<b>1,21</b>	0,03	0,05	<b>0,04</b>
DP ( $\hat{\sigma}_{ij}-\hat{\sigma}_{ik}$ )	1,44	1,71	<b>1,57</b>	1,44	1,74	<b>1,59</b>	0,04	0,06	<b>0,05</b>
DP ( $\hat{\sigma}_{ij}-\hat{\sigma}_{kl}$ )	1,33	1,58	<b>1,46</b>	1,33	1,62	<b>1,48</b>	0,04	0,06	<b>0,05</b>

AST: porcentagem de açúcares solúveis totais; AM: porcentagem de amido; AST/AM: relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos.

Para a variável AST, a amplitude de variação entre os híbridos intervarietais F1's foi de 5,14 vezes o valor do DP ( $\hat{\sigma}_{ij}-\hat{\sigma}_{kl}$ ) entre as combinações 2276A x 319A e 2255A x 319A, com menor resultado negativo e maior resultado positivo, respectivamente (Tabela 13). Para a variável AM, a amplitude de variação entre os híbridos intervarietais F1's foi de 6,71 vezes o

desvio-padrão entre as combinações 2276A x 2029A e Doce Cubano x 2255A, maior resultado negativo e positivo, nesta ordem. Por outro lado, para AST/AM, a amplitude de variação foi 7,20 vezes o valor do DP ( $\hat{\sigma}_{ij} - \hat{\sigma}_{kl}$ ) entre as combinações Doce Cubano x 2255A e 2255A x 319A (Tabela 13). Estes valores estão acima dos reportados por Cardoso (2001), que registrou amplitude de 2,8 vezes o DP ( $\hat{\sigma}_{ij} - \hat{\sigma}_{kl}$ ) para teor de sólidos solúveis totais em grãos de híbridos F1's de milho doce, e encontram-se abaixo dos valores reportados Kwiatkowski (2007), que relatou amplitude de variação de 30,39 desvios-padrão para açúcares redutores, 53,87 desvios-padrão para açúcares totais e de 40,59 desvios-padrão para a concentração de amido nos grãos.

Os efeitos da CEC são estimados com base no desvio do comportamento em relação ao que é esperado na CGC (CRUZ & REGAZZI, 2001). Baixos valores das estimativas de  $\hat{\sigma}_{ij}$  (positivos ou negativos) indicam que os híbridos F1's apresentam comportamento conforme esperado com base na CGC. Por outro lado, valores elevados das estimativas de  $\hat{\sigma}_{ij}$  (positivos ou negativos) indicam que o comportamento de cruzamento é melhor ou pior do que o esperado com base na CGC (CRUZ & REGAZZI, 2001).

Segundo Cruz e Vencovsky (1989), o híbrido mais favorável é aquele de maior capacidade específica de combinação, no qual um dos genitores apresenta a maior capacidade geral de combinação. Assim sendo, serão discutidas as combinações híbridas com as melhores estimativas de  $\hat{\sigma}_{ij}$  e que envolverem pelo menos um dos genitores que tenha apresentado o efeito favorável de CGC.

As melhores estimativas de  $\hat{\sigma}_{ij}$  para AST e para AST/AM foram das combinações híbridas 2255A x 319A, 2255A x 2029A, 2255A x 2276A, Doce Cubano x 2276A, 2276A x 2029A e 2255A x 741B (Tabela 13). Nestes casos, as estimativas de  $\hat{\sigma}_{ij}$  para AM resultam em valores negativos. Isso indica que as combinações que possuem maior efeito positivo para AST e AST/AM tem efeito contrário para AM. Os valores positivos e afastados de zero para a variável AST e AST/AM das combinações citadas, indicam que maior é a divergência do genitor em relação à frequência média dos alelos favoráveis para esta característica, em comparação aos demais genitores envolvidos no cruzamento dialélico. Outras combinações com o genitor 2276A e 2255A, que apresentaram efeitos positivos mais próximos de zero, como o caso do híbrido 741B x 2276A (para AST), ou valores negativos, como o caso da combinação 2276A x 319A (para AST/AM), indicam igual ou abaixo do esperado para a CGC.

Com base no conjunto de características avaliadas, conclui-se que os híbridos com potencial e que se destacaram das demais combinações foram 2255A x 319A, 2255A x 2029A, 2255A x 2276A, Doce Cubano x 2276A, 2276A x 2029A e 2255A x 741B. Em estudo dialélico de diversas características fenológicas, morfológicas e agrônomicas das variedades locais de milho doce do EOSC, Souza (2019) também destacou as combinações 2255A x 319A, 2255A x 2276A e 2255A x 741B, devido seu potencial para a produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) de milho doce. Souza (2019) destaca que, no contexto do EOSC e visando atender as necessidades dos agricultores da região, é adequado que a estratégia de melhoramento interpopulacional seja voltada para a identificação das variedades que apresentem superioridade dos efeitos  $\hat{\sigma}_{ij}$  e que os híbridos intervartetais F1's possam ser recomendadas para uso direto.

#### **7.4.4. Predição dos Compostos**

Para melhor indicação de compostos, os valores médios preditos para AST, AM e AST/AM foram estimados com base na média dos locais, tendo em vista que não houve interação significativa de CGC x L e CEC x L para os três caracteres. Os valores médios preditos para AST, AM e AST/AM, obtidos a partir da combinação de seis variedades genitoras em composto biparental tipo (A x B), composto de três pais tipo (A x B x C) e composto de quatro pais tipo (A x B x C x D), avaliados em dois locais do extremo Oeste do estado de Santa Catarina encontram-se na Tabela 14.

**Tabela 14.** Valores médios preditos para três caracteres dos grãos em composto provenientes de seis genitores de milho doce (*sulsul*) em dois ambientes, nos municípios de Anchieta (L1) e Guaraciaba (L2), Santa Catarina, safra 2017/2018.

Composto (A x B)	Valor Predito								
	AST			AM			AST/AM		
	L1	L2	Média	L1	L2	Média	L1	L2	Média
1 4 (Doce Cubano x 2276A)	17,07	17,86	17,47	33,87	34,31	34,09	0,51	0,53	0,52
2 3 (2255A x 741B)	18,43	17,86	18,15	36,83	30,39	33,61	0,67	0,59	0,63
<b>2 4 (2255A x 2276A)</b>	<b>21,95</b>	<b>21,10</b>	<b>21,53</b>	<b>29,18</b>	<b>30,12</b>	<b>29,65</b>	<b>0,75</b>	<b>0,70</b>	<b>0,73</b>
2 5 (2255A x 2029A)	20,67	18,06	19,37	29,79	31,80	30,80	0,69	0,58	0,64
<b>2 6 (2255A x 319A)</b>	<b>19,65</b>	<b>20,10</b>	<b>19,88</b>	<b>32,18</b>	<b>31,42</b>	<b>31,80</b>	<b>0,63</b>	<b>0,64</b>	<b>0,64</b>
3 4 (741B x 2276A)	17,35	19,38	18,37	35,17	34,35	34,76	0,50	0,57	0,54
4 5 (2276A x 2029A)	18,78	18,47	18,63	29,67	31,36	30,52	0,63	0,61	0,62

Composto (A x B x C)	Valor Predito								
	AST			AM			AST/AM		
	L1	L2	Média	L1	L2	Média	L1	L2	Média
1 2 4 (Doce Cubano x 2255A x 2276A)	18,83	18,01	18,42	34,33	34,33	34,33	0,55	0,55	0,55
1 4 5 (Doce Cubano x 2276A x 2029A)	17,27	17,89	17,58	34,44	34,44	34,44	0,54	0,53	0,54
2 3 4 (2255A x 741B x 2276A)	20,19	20,14	20,17	32,01	32,01	32,01	0,63	0,63	0,63
2 3 5 (2255A x 741B x 2029A)	19,17	17,76	18,47	32,27	32,27	32,27	0,56	0,56	0,56
2 3 6 (2255A x 741B x 319A)	18,85	18,92	18,89	32,93	32,93	32,93	0,59	0,59	0,59
<b>2 4 5 (2255A x 2276A x 2029A)</b>	<b>21,72</b>	<b>20,36</b>	<b>21,04</b>	<b>30,74</b>	<b>30,74</b>	<b>30,74</b>	<b>0,67</b>	<b>0,67</b>	<b>0,67</b>
2 4 6 (2255A x 2276A x 319A)	20,07	20,54	20,31	32,87	32,87	32,87	0,64	0,64	0,64
2 5 6 (2255A x 2029A x 319A)	19,63	18,61	19,12	33,92	33,92	33,92	0,57	0,57	0,57

Continuação...

3 4 5 (741B x 2276A x 2029A)	17,60	18,24	17,92	33,73	33,73	33,73	0,55	0,55	0,55
3 4 6 (741B x 2276A x 319A)	16,46	18,19	17,33	36,54	36,54	36,54	0,50	0,50	0,50
	<b>Valor Predito</b>								
Composto (A x B x C x D)	AST			AM			AST/AM		
	L1	L2	Média	L1	L2	Média	L1	L2	Média
1 2 3 4 (D. Cubano x 2255A x 741B x 2276A)	18,05	17,76	17,91	34,63	34,58	34,61	0,54	0,53	0,54
1 2 4 5 (D. Cubano x 2255A x 2276A x 2029A)	19,27	18,48	18,88	33,55	33,92	33,74	0,59	0,56	0,58
1 2 4 6 (D. Cubano x 2255A x 2276A x 319A)	18,61	18,54	18,58	33,96	35,24	34,60	0,55	0,54	0,55
1 2 5 6 (D. Cubano x 2255A x 2029A x 319A)	17,98	16,90	17,44	35,95	32,30	34,13	0,52	0,48	0,50
<b>2 3 4 5 (2255A x 741B x 2276A x 319A)</b>	<b>20,14</b>	<b>19,49</b>	<b>19,82</b>	<b>31,98</b>	<b>32,21</b>	<b>32,10</b>	<b>0,64</b>	<b>0,62</b>	<b>0,63</b>
2 3 4 6 (2255A x 741B x 2276A x 319A)	19,29	19,73	19,51	34,01	33,87	33,94	0,59	0,60	0,60
2 3 5 6 (2255A x 741B x 2029A x 319A)	18,79	18,07	18,43	34,22	34,19	34,21	0,57	0,54	0,56
<b>2 4 5 6 (2255A x 2276A x 2029A x 319A)</b>	<b>20,03</b>	<b>19,63</b>	<b>19,83</b>	<b>33,83</b>	<b>33,37</b>	<b>33,60</b>	<b>0,63</b>	<b>0,61</b>	<b>0,62</b>

AST: porcentagem de açúcares solúveis totais; AM: porcentagem de amido; AST/AM: relação entre açúcares solúveis totais e amido na matéria seca dos grãos.

Os compostos biparentais derivados das combinações 2255A x 2276A e 2255A x 319A destacam-se em ambos os locais (Tabela 14). O composto derivado de 2255A x 2276A apresentou valores médios preditos de 21,53% para AST, de 29,65% para AM e 0,73 para AST/AM, enquanto que o composto derivado de 2255A x 319A apresentou valores médios preditos de 19,88% para AST, de 31,42% para AM e de 0,64 para AST/AM. A afinidade entre estes genitores pôde ser observada anteriormente nas estimativas da capacidade específica de combinação, em que apresentaram resultados elevados quanto AST e AST/AM (Tabela 14).

Ao realizar a predição de compostos para as variedades de milho doce do EOSC, Souza (2019) também destacou o composto biparental derivado da combinação 2255 x 319A, como sendo o composto com as boas estimativas no município de Anchieta – SC para os caracteres de peso de espiga sem palha, altura de planta, diâmetro do colmo.

O composto formado a partir da combinação de três pais, do tipo A x B x C, 2255A x 2276A x 2029A seria o mais indicado para incrementar a AST e a AST/AM, em virtude das médias de 21,04% de AST e de 0,67 de AST/AM (Tabela 14). A superioridade desta combinação corrobora com as estimativas da CEC, tendo em vista também a afinidade entre os genitores 2255A x 2029A.

As combinações 2255A x 741B x 2276A x 319A e 2255A x 2276A x 2029A x 319A apresentaram maiores valores médios preditos para AST e AST/AM (Tabela 14). A primeira apresentou 19,82% para AST, 32,10% para AM e 0,63 para AST/AM e a segunda apresentou 19,83% para AST, 33,60% para AM e 0,62 para AST/AM. Estas combinações diferenciam-se, principalmente pela variável AM, podendo ser indicadas para formação de compostos de quatro pais do tipo A x B x C x D, para aumento da AST e AST/AM.

Os compostos envolvendo a combinação de dois, três e quatro genitores permitem a formação de novas populações com boas perspectivas para serem utilizadas em programas de melhoramento intrapopulacional com elevada variabilidade potencial disponível para a seleção.



## 7.5. CONCLUSÕES

- Diferenças significativas para CGC e CEC, associadas aos efeitos gênicos aditivos e não aditivos, comprovam a existência de variabilidade genética, que permitem o uso de estratégias de seleção intrapopulacionais e interpopulacionais;
- As variedades 2255A e 2276A apresentam as maiores frequências de alelos favoráveis para o aumento da concentração de açúcares solúveis totais e a redução da concentração de amido nos grãos, bem como potencial para o melhoramento intrapopulacional;
- Destacaram-se as combinações 2255A x 319A, 2255A x 2029A, 2255A x 2276A, Doce Cubano x 2276A, 2276A x 2029A e 2255A x 741B quanto a CEC e o potencial para exploração em programa de melhoramento interpopulacional, dentro do contexto dos agricultores do EOSC, com uso direto dos híbridos intervarietais F1's;
- Na análise de predição de compostos, os híbridos intervarietais F1's 2255A x 319A e 2255A x 2276A apresentaram as melhores perspectivas para uso direto;
- Os compostos biparentais derivados das combinações 2255A x 319A e 2255A x 2276A, o composto triplo 2255A x 2276A x 2029A, e os compostos quádruplos 2255A x 741B x 2276A x 319A e 2255A x 2276A x 2029A x 319A são os mais indicados para a formação de populações compostas seguida de seleção intrapopulacional, visando o aumento da concentração de açúcares nos grãos.

## 7.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTLETT, J. E.; KOTRLIK, J. W.; HIGUINS, C. C. Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research. **Information Technology, Learning, and Performance Journal**, v. 19, n. 1, 2001.

BOYER; C. D.; SHANNON, J. C. **The Use of Endosperm Genes for Sweet Corn Improvement**. In: JANIK, J. Plant Breeding Review, AVI\_publishing Company. Westport, Connecticut v.1, p.139, 1983.

BOEF, W. S.; OGLIARI, J. B. **Participatory crop improvement and informal seed supply: general introduction**. In: THIJSSSEN, M. H.; BISHAW, Z.; BESHIR, A.; BOEF, W. S. (Org.). Farmers, seeds and varieties: supporting informal seed supply in Ethiopia. 1ed. Wageningen: Wageningen International, v.1, p.177-185, 2008.

BOEF, W. S.; OGLIARI, J. B. **Seleção de Variedades e Melhoramento Genético Participativo**. In: BOEF, W. S.; THIJSSSEN, M. H.; OGLIARI, J. B.; STHAPIT, B. (Org.). Biodiversidade e Agricultura: fortalecendo o manejo comunitário. 1ed., Porto Alegre: L&PM, v.1, p.77-88, 2007.

BRASIL, 2019. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Registro Nacional de Cultivares (RNC)**. Disponível em:<[http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)> Acesso em: 23 jun. 2019.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1977.

CARDOSO, E. T. Genética de caracteres agronômicos e de qualidade do milho doce. 2001. 79f. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, RS, 2001.

CRUZ, C. D. **Programa Genes (Versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2006.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed., Viçosa: UFV, 2001.

CRUZ, C. D.; VENCOSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v.1 2, p. 425-438, 1989.

DURÃES, N. N. L.; CREVELARI, J. A.; VETTORAZZI, J. C. F.; FERREIRA JR, J. A.; SANTANA, F. de A.; PEREIRA, M. G. Combining ability for traits associated with yield and quality in super sweet corn (*Zea mays L. saccharata*). **Australia Journal of Crop Science**, n. 1, v. 09, p. 1188-1194, 2017. doi: 10.21475/ajcs.17.11.09.pne538.

FALCÃO, R. F.; FERREIRA, P. V.; SILVA JÚNIOR, A. B.; CARVALHO, J. D. E.; SILVA, J.; DOS SANTOS, D. F. Avaliação de populações de polinização livre, variedades comerciais e crioulas de milho em dois municípios de Alagoas. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 26, n. 4, p.611-624, 2017.

BOEF, W. S.; OGLIARI, J. B. **Participatory crop improvement and informal seed supply: general introduction.** In: THIJSSSEN, M. H.; BISHAW, Z.; BESHIR, A.; BOEF, W. S. (Org.). *Farmers, seeds and varieties: supporting informal seed supply in Ethiopia.* 1ed. Wageningen: Wageningen International, v.1, p.177-185, 2008.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.9, p.463-493, 1956.

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative Genetics in Maize Breeding**, New York, p. 531, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 de agosto de 2020.

INCA. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. 2020. **Opções de políticas e recomendações sobre alternativas economicamente sustentáveis para o cultivo do tabaco.** Rio de Janeiro: INCA, 2016. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/bvscontrolecancer/publicacoes/edicao/artigo%2017%20e%2018.pdf>. Acesso em: 29 de julho de 2020.

KHANDURI, A.; PRASANNA, B. M.; HOSSAIN, F. & LAKHERA, P. C. Genetic analyses and association studies of yield components and kernel sugar concentration in sweet corn. **Indian J. Genet.** v.70, n.3, p.257-263, 2010.

KWIATKOWSKI, A; CLEMENT, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Rev. Brasileira de Tecnologia Agroindustrial.** Maringá, v. 1, n. 2, 2007.

KUMARI, J.; GADAG, R. N.; JHA, G. K.; JOSHI, H. C.; SINGH, R. D. Combining Ability for Field Emergence, Kernel Quality Traits, and Certain Yield Components in Sweet Corn (*Zea mays* L.). **Journal of Crop Improvement**, v. 22, n 1, 2008. doi:10.1080/15427520802043018

MACHADO, A. T. Construção histórica do melhoramento genético de plantas: do convencional ao participativo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 1, 2014.

MCCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; OWENS, H. S. Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

OGLIARI, J. B. **Agricultoras e seus processos de diversificação de variedades crioulas de milho pipoca.** In: Cuadernos de la Biored Iberoamérica (CYTED). Cuaderno 7. Merida: Universidad Politécnica Territorial de Merida, 2019.

OGLIARI, J. B.; KIST, V; CANCI, A. **The participatory genetic enhancement of a local maize variety in Brazil.** In: Walter de Boef, Nivaldo Peroni, Abishkar Subedi, Marja Thijssen, Elizabeth O’Keeffe. (Org.). *Community Biodiversity Management. Promoting Resilience and the Conservation of Plant Genetic Resources.* 1ed. Abingdon: Routledge, 2013a.

OGLIARI, J. B.; SOUZA, R.; KAMPHORST, S. H.; GONÇALVES, G. M. B.; CANCI, A.; LAZZARI, L. Manejo e uso participativo de variedade crioula de milho como estratégia de conservação: experiência do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade no Oeste de Santa Catarina. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, nov., 2013b.

OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J. T. V.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; OLIBONI, D. F. Diallelic analysis in assessing the potential of maize hybrids to generate base-populations for obtaining lines. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 7-18, jan./fev. 2013. doi: 10.5433/1679-0359.2013v34n1p7.

OLIVEIRA JÚNIOR., L.F.G.; DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M.G.; CHIQUIERE, T.B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.159-165, 2006.

PARENTONI, S. N. et al. Milho Doce. **Rev. Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v. 14, n. 165, p. 17-22, 1990.

PEDROTTI, A.; HOLANDA, F.S.R.; MANN, E.N.; AGUIAR NETTO, A.O.; BARRETO, M.C.V.; VIEGAS, P.R.A. **Parâmetros de produção do milho-doce em sistemas de cultivo e sucessão de culturas no Tabuleiro Costeiro Sergipano**. In: Seminário de Pesquisa FAP-SE, Sergipe. Anais... Sergipe: FAP, 2003.

PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. **O cultivo do Milho-doce**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos**. Documentos ISSN 15184277; 251. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

PIMENTEL GOMES. **Curso de Experimentação Agrícola**. 8ª ed., Piracicaba – SP: USP, 1978.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.3, p.182-194, 2007.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: EMBRAPA Informação tecnológica, 975 p.2002.

RODRIGUES, F.; VON PINHO, R. G.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, E. V. R. Index of selection and estimation of genetic and phenotypical parameters for traits related with the production of vegetable corn. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 278-286, 2011.

SADAIHAH, K.; REDDY, N.; KUMAR, S. Heterosis and Combining ability Studies for Sugar content in Sweet corn (*Zea mays saccharata* L.). **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 3, n. 3, 2013. ISSN 2250-3153.

SCAPIM, C. A.; CRUZ, C. D.; SILVA, J. C.; COSTA, J. G. DA; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; GALVÃO, E. R. Análise de cruzamentos dialélicos entre variedades de milho doce sul. *Revista Ceres*, v. 43, n. 245, p. 56-64, 1996.

SCAPIM, C. A. Cruzamentos dialélicos entre sete variedades de milho doce (*Zea mays* L.) e correlações entre caracteres agrônômicos. Viçosa, 1994. 96p. **Dissertação** (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.

SOUZA, R. DE.; PINTO, T. T.; OGLIAR, J. B. Analysis of on farm conservation of sweet corn in a diversity microcenter of *Zea mays* L. in Southern Brazil. **Maydica**, v. 65, n. 01, 2020.

SOUZA, R. de. Diversidade de variedades crioulas de milho doce e adocicado conservadas por agricultores do Oeste de Santa Catarina. 2015. 190f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis - SC.

SOUZA, R. de. Variedades locais de milho doce do Extremo Oeste de Santa Catarina: Caracterização, potencial agrônomo e estudo de base genética. 2019. 178f. **Tese** (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis - SC.

TEIXEIRA, F. F.; GUIMARÃES, C. T.; PINTO, M. de O.; PEREIRA FILHO, I. A.; COELHO, R. S.; ARAÚJO, G dos R.; PONTELLO, I. de O. **Catálogo de Acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Milho com Grãos do Tipo Doce**. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas- MG, 2019.

TEIXEIRA, F. F.; MIRANDA, R. A. DE; PAES, M. C. D.; SOUZA, S. M. de; GAMA, E. E. G. **Melhoramento de Milho Doce**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013.

TRACY, W. F. **Sweet corn**. In: Hallauer, A.R. Specialty corn. Boca Raton, p.155-198, 2001.

UMBREIT, W.W.; BURRIS, R.H.; STAUFFER, J.F. **Manometric techniques**. Minneapolis: Burgess, 1964.

USDA. United States Department of Agriculture. 2020. U.S. Sweet Corn Statistics. Disponível:<<https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/1r66j112r?locale=en>> Acesso em: 22 de agosto de 2020.

XAVIER, F. S.; PESTANA, J. K.; SEKIYA, A.; KRAUSE, M. D.; MOREIRA, R. M. P. & FERREIRA, J. M. 2019. Partial diallel and potential of super sweet corn inbred lines bt2 to obtain hybrids. **Horticultura Brasileira**. V. 37, N. 3, p.278-284, 2019. doi: 10.1590/S0102-053620190305

ZAJONZ, B. T.; VILLWOCK, A. P. S.; SILVEIRA, V. C. P. A fumicultura brasileira e as políticas públicas associadas ao Programa Nacional de Diversificação em Áreas Cultivadas com Tabaco. **Revista Nera**, Presidente Prudente – SP. v. 20, n. 17, 2017.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E MEDIDAS FUTURAS

As variedades locais/crioulas têm uma forte relação com a segurança alimentar das famílias de agricultores, que tendem a cultivar uma ampla diversidade de espécies, com sementes próprias, por eles armazenadas e multiplicadas. As variedades desenvolvidas pelos agricultores (as) são autóctones, mais heterogêneas geneticamente do que variedades modernas, menos vulneráveis a condições adversas e oferecem maior segurança de colheita. Diversos estudos documentam amplamente a importância das variedades locais e a necessidade de ações que promovam a manutenção da sua conservação.

Com os resultados obtidos na presente dissertação foi possível ampliar os conhecimentos sobre as variedades locais de milho doce da microrregião do Extremo Oeste de Santa Catarina (EOSC) e gerar informações científicas úteis para futuras ações que visem a conservação destas variedades, como a Indicação Geográfica e o Melhoramento Genético Participativo de milho doce no EOSC.

No capítulo I comprovou-se o potencial das variedades locais de milho doce *sugary* provenientes do EOSC quanto à porcentagem de açúcares solúveis totais e relação entre açúcares solúveis totais e amido nos grãos. Neste capítulo também foi possível observar que as variedades locais apresentam melhores resultados para estas características ao serem cultivadas no EOSC, não apresentando o mesmo desempenho em local contrastante. Também foi possível observar que o melhor desempenho do conjunto de variedades locais de milho doce no EOSC acontece em decorrência da maior adaptação e estabilidade destas variedades à sua região de origem. Estes resultados indicam que a qualidade química dos grãos de milho doce das variedades locais do EOSC se deve, essencialmente, ao meio geográfico (incluindo fatores naturais e humanos), podendo servir como subsídios em um processo de IG, por DO, do milho doce de variedades locais do microcentro de diversidade de *Zea mays* L. do EOSC.

Os componentes geográficos, relativos ao fator humano e fatores naturais, foram associados às variedades locais de milho do EOSC anteriormente. Souza (2019) relatou que as práticas de manejo e seleção dos agricultores estão relacionadas com diversas características das variedades de milho doce do extremo Oeste catarinense, especialmente com ciclo de cultivo, estabilidade produtiva e adaptação aos agroecossistemas desta região. Ogliari (2019) e Silva et al. (2016) associaram a manutenção da conservação de raças antigas (cultivadas por indígenas em período pré-colombiano) e o surgimento de novas de raças/grupos de milho pipoca no EOSC aos valores de uso, às práticas de isolamento temporal e espacial entre áreas

de cultivo e às práticas de seleção que resultam na produção e conservação destas sementes locais. Ávila (2018) constatou que a composição química dos grãos das raças/grupos de milho pipoca do EOSC mantém o mesmo padrão de dissimilaridade morfológica que definiu as raças identificadas por Silva et al. (2016) somente quando as variedades são cultivadas nesta região. Segundo Ogliari (2019), a prática de seleção dos agricultores (as) é um importante componente geográfico associado à diversidade de raças de milho pipoca conservada no EOSC e essa particularidade sustenta a proposta de IG das variedades locais de *Zea mays* L. do microcentro de diversidade desta região. A IG das variedades locais de milho do EOSC é forma de reconhecimento do trabalho de conservação da diversidade realizado pelos agricultores (as). Os resultados obtidos no primeiro capítulo da presente pesquisa são favoráveis para a IG do milho doce e podem contribuir com esse processo de IG mais amplo, das variedades locais de milho do EOSC.

Com relação às medidas futuras que podem ser trabalhadas a fim de implementar a IG do milho doce do EOSC, ressaltam-se as seguintes: a) análise sensorial, por meio de testes de degustação do sabor e maciez dos grãos, e avaliação do mercado consumidor; b) avaliação de atributos de qualidade física dos grãos, como da espessura do pericarpo e da textura do endosperma c) avaliação da qualidade do milho doce em diferentes faixas de altitude próximas ao microcentro de diversidade de *Zea mays* L. do EOSC e definição da faixa de altitude ideal para o cultivo destas variedades; d) delimitação da área geográfica, respaldada por argumentos técnicos, como resultados de pesquisas e estudos abordando o levantamento histórico e o estudo de fatores naturais (clima, solo, relevo, vegetação, paisagem, entre outros); e) apresentação e discussão dos resultados obtidos com os agricultores (as), organizações e sindicatos da região do EOSC; f) parcerias entre organizações de agricultores (as), sindicatos e os órgãos responsáveis pela construção das Indicações Geográficas em Santa Catarina, como a Epagri, o SEBRAE, a Universidade Federal de Santa Catarina e o próprio INPI.

No Capítulo II comprovou-se o potencial das variedades locais de milho doce *sugary1* do EOSC para serem utilizadas como genitores na obtenção de híbridos intervarietais F1's, bem como para formação de novas populações para serem utilizadas em um programa de melhoramento genético. Os resultados do segundo capítulo podem servir como informações úteis em um programa de MGP do milho doce no EOSC, caso os agricultores optem por melhor explorar o potencial de suas variedades.

Dentre as medidas futuras que podem ser trabalhadas a fim de implementar um programa MGP de milho doce no EOSC, ressaltam-se as seguintes: a) apresentação e discussão dos resultados da presente pesquisa, juntamente com os resultados obtidos em pesquisas anteriores com as variedades de milho doce provenientes do EOSC, com os agricultores (as), organizações e sindicatos da região do EOSC; b) estruturação de um programa de MGP que vise atender as demandas dos agricultores (as) da região, contando com a participação dos agricultores (as) em todas as etapas de construção (escolha das populações, métodos de seleção e a definição dos critérios de seleção, entre outros).