

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTERVALOS DE
PROCESSAMENTO DE MILHO-DOCE NAS
CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS

Autor: Rodrigo da Silva Richieri
Orientador: D.Sc. Clarice Aparecida Megguer

MORRINHOS-GO
2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTERVALOS DE
PROCESSAMENTO DE MILHO-DOCE NAS
CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS

Autor: Rodrigo da Silva Richieri
Orientador: D.Sc. Clarice Aparecida Megguer

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – Área de Concentração Olericultura.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

R531i Richieri, Rodrigo da Silva.
Influência de diferentes intervalos de processamento de milho-doce sobre características quantitativas e qualitativas. / Rodrigo da Silva Richieri. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2019.
40 f. : il. color.

Orientadora: Dra. Clarice Aparecida Megguer.
Coorientadora: Dra. Abadia dos Reis Nascimento.
Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2019.

1. Zea mays L. 2. Milho - Armazenamento. 3. Milho - Indústria. I. Megguer, Clarice Aparecida. II. Nascimento, Abadia dos Reis. III. Instituto Federal Goiano. IV. Título.

CDU 633.15:631.527.5

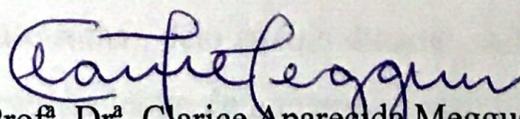
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTERVALOS DE
PROCESSAMENTO DE MILHO DOCE SOBRE
CARACTERÍSTICA QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS

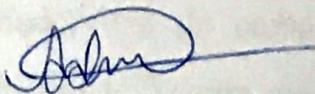
Autor: Rodrigo da Silva Richieri
Orientadora: Clarice Aparecida Megguer

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura-Área de Concentração em Sistema
de Produção em Olerícolas.

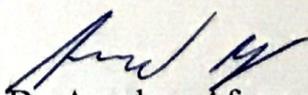
APROVADO em 06 de junho de 2019.



Prof.^a Dr.^a Clarice Aparecida Megguer
Presidente da Banca
IF Goiano – Campus Morrinhos



Prof.^a Dr.^a Abadia dos Reis Nascimento
Avaliadora Externa
Universidade Federal de Goiás - UFG



Prof. Dr. Anselmo Afonso Golynski
Avaliador Externo
IF Goiano – Campus Morrinhos

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela oportunidade de viver, e a São Miguel Arcanjo, pela proteção diária a mim estendida.

À minha família, meu pai José Carlos Richieri (*in memoriam*), minha mãe Antônia Aparecida da Silva Richieri, minha avó “Dona Ester” e minha irmã Taís da Silva Richieri, por todo o amor e carinho que tenho recebido ao longo de toda a minha vida. À minha noiva Ana Karolina Dias Souza, por todo o amor e companheirismo depositados em mim, bem como pelo incentivo de todos seus familiares. Aos amigos que Deus aos poucos foi colocando no caminho que percorria. Vocês sempre serão parte de minha família!

Agradeço à empresa Syngenta, por me proporcionar tal conquista bem como aos colegas que ali trabalham, em especial ao Francisco Gilderlan (Ceará), parceiro do dia a dia na rotina do trabalho. A todos os membros grupo de estudos aplicados em hortaliças da Universidade Federal de Goiás (GEAH), liderados pela professora Doutora Abadia dos Reis Nascimento (Reisinha), pelo auxílio durante a condução dos trabalhos. Vocês são um exemplo a ser seguido dentro do universo acadêmico da Olericultura!

Agradeço ao professor Doutor Anselmo Afonso Golynski, pela orientação inicial que me foi dada, à professora Doutora Clarice Aparecida Megguer, pelo caloroso acolhimento na orientação durante o período final do curso, e que junto com a professora Doutora Abadia dos Reis Nascimento se fizeram membros de minha banca examinadora.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Rodrigo da Silva Richieri, filho de Antônia Aparecida da Silva Richieri e José Carlos Richieri, nascido em 3 de março de 1983, na cidade de Jaú, estado de São Paulo. Graduou-se em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina, na cidade de Londrina, estado do Paraná, em dezembro de 2008, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo.

Entre os meses de junho e novembro de 2010, exerceu a função de Assistente Técnico de Vendas junto à UNICAMPO, Cooperativa de Trabalho dos Profissionais de Agronomia Ltda., prestando seus serviços na cidade de Holambra, estado de São Paulo, dentro da cadeia de produção de flores, junto à empresa Syngenta.

Em dezembro de 2010, ingressou no quadro efetivo de funcionário da empresa Syngenta, atuando até hoje como engenheiro agrônomo no desenvolvimento de novos produtos no segmento de hortaliças, tendo como foco a linha de material genético da empresa. Em dezembro de 2016, concluiu o curso de MBA em Proteção de Cultivos, oferecido pela própria empresa.

Em março de 2017, iniciou o curso de pós-graduação, nível mestrado, em Olericultura, ofertado pelo Instituto Federal Goiano no campus da cidade de Morrinhos, estado de Goiás, tendo no final do curso sua orientação sob a batuta da professora Doutora Clarice Aparecida Megguer.

RESUMO

RICHERI, RODRIGO DA SILVA. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos. Maio de 2019. **Influência de diferentes intervalos de processamento de milho-doce sobre características quantitativas e qualitativas.** Orientadora: Dr^a Clarice Aparecida Megguer.

Classificado como milho especial, o milho-doce (*Zea mays saccharata*) tem seu destino direcionado exclusivamente para alimentação humana, havendo duas formas de consumo, *in natura* ou processada. Enquanto no milho comum a concentração de açúcar é da ordem dos 3%, no milho-doce, essa concentração varia entre 14% e 25%, sendo os maiores teores encontrados nas cultivares conhecidas como superdoces. Devido à sua alta perecibilidade, é recomendado que o intervalo de tempo entre a colheita e o início do processamento seja o mínimo possível a fim de preservar suas características quantitativas e qualitativas. Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o comportamento do milho-doce no que diz respeito às características qualitativas e quantitativas quando suas espigas são processadas em diferentes intervalos de tempo após a colheita. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco repetições. Foram mensurados massa fresca da amostra de espigas com palha, sem palha, somente do sabugo, somente dos grãos provenientes do processo de desgrana, o rendimento industrial e o índice de preenchimento de latas alcançado. Também foram anotadas a umidade dos grãos, a porcentagem de sólidos solúveis, a acidez titulável e a concentração de açúcares solúveis totais e redutores. Durante os períodos de armazenamento pós-colheita e pré-processamento das espigas de milho-doce, não foram verificados ganhos ou perdas em caráter quantitativo. Notou-se redução na concentração de sólidos solúveis na solução de sacarose do caldo do milho-doce, apontando ter ocorrido consumo dos compostos solúveis, possivelmente pelo processo respiratório.

Palavras-chave: *Zea mays* L., pós-colheita, rendimento industrial, sólidos solúveis

ABSTRACT

RICHERI, RODRIGO DA SILVA. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Morrinhos Campus. May 2019. **Influence of different sweet corn processing intervals on quantitative and qualitative characteristics**. Advisor: Dr.Sc. Megguer, Clarice Aparecida.

Classified as special corn, sweet corn (*Zea mays saccharata*) is destined exclusively for human consumption, under two forms, fresh (*in natura*) or processed. While in field, corn the sugar concentration is about 3%, in sweet corn this concentration varies from 14% to 25%, and the highest levels found in cultivars are known as super sweet. Due to its high perishability, it is recommended that the time interval be the minimum possible between harvest and the beginning of the processing to preserve its quantitative and qualitative characteristics. Therefore, this study aimed to evaluate the behavior of sweet corn in relation to the qualitative and quantitative characteristics, when its ears are processed at different time intervals after harvest. The experiment was carried out in a randomized block design with five replicates. The sample fresh mass of the corn cobs with straw, corn cobs without straw, only cob, only grains from the debarking process, as well as the industrial yield and the rate of filling of cans achieved were measured. The grain moisture content, percentage of soluble solids, titratable acidity and total soluble and reducing sugar concentration were also registered. During post-harvest storage and pre-processing periods of sweet corn cobs, no quantitative gains or losses were recorded. A decrease in the soluble solids concentration in the sucrose solution of the sweet corn broth was observed, indicating that consumption of the soluble compounds possibly occurred by the respiratory process.

Keywords: *Zea mays* L., industrial yield, postharvest, soluble solids

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

	Página
Tabela 1 Alelos mutantes de endosperma utilizados em híbridos de milho-doce (Mutant endosperm alleles used in sweet corn hybrids)	4
Tabela 2 Informações nutricionais do milho-doce (Nutrition information for sweet corn)	5
Tabela 3 Composição mineral do milho-doce (Mineral composition of sweet corn)	5
Tabela 4 Estádios vegetativos e reprodutivos da cultura do milho (Vegetative and reproductive phases of corn)	6
Tabela 5 Extração de nutrientes pelo milho destinado à produção de espigas (Extraction of corn nutrients for ear production)	7
Tabela 6 Dados climáticos durante a condução do ensaio entre 20 de janeiro e 21 de abril do ano de 2018 (Climatic data during the test from January 20 to April 21 of 2018)	16
Tabela 7 Propriedades químicas do solo da área de implantação da cultura do milho- doce (Soil chemical properties of the sweet corn cultivar area)	16
Tabela 8 Adubação de plantio e cobertura com base na utilização das agroindústrias (Planting and cover fertilization based on agroindustry utilization)	17
Figura 1 Esquema ilustrativo da parcela do experimento (Illustrative diagram of the experiment plot)	17
Figura 2 Equipamento utilizado para a desgrana das espigas de milho-doce (Equipment used for the spreading of sweet corn ears)	19
Figura 3 Massa fresca média da espiga com palha (A), massa fresca média da espiga sem palha (B) e massa fresca média dos grãos processados por espiga (C) da cultivar MD0001, em função do tempo para processamento após a colheita. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Mean fresh mass from cob with straw (A), mean fresh mass from cob without straw (B) and mean fresh mass of the processed grains per ear (C) of cultivar MD0001, as a function of the time for post-harvest processing. Means followed by the same letter do not differ statistically from each other by the Scott-Knott test at	20

- 5% probability)
- Figura 4 Massa fresca média do sabugo por espiga (A) e massa fresca média da palhada por espiga (B) da cultivar MD0001, em função do tempo para processamento após a colheita. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Mean fresh mass of the cob by ear (A) and mean fresh mass of straw per ear (B) of cultivar MD0001, as a function of the time for post-harvest processing. Means followed by the same letter do not differ statistically from each other by the Scott-Knott test at 5% probability) 21
- Figura 5 Rendimento industrial clássico (A) e índice de preenchimento de embalagens com 200 g de milho-doce drenado (B) da cultivar MD0001, em função do tempo para processamento após a colheita. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Classical industrial yield (A) and filling index of packages with 200 g of drained sweet corn (B) of cultivar MD0001, as a function of time for post-harvest processing. Means followed by the same letter do not differ statistically from each other by the Scott-Knott test at 5% probability) 22
- Figura 6 Teor de sólidos solúveis (A), porcentagem de sacarose (B) e porcentagem de açúcar redutor (C) da cultivar MD0001, em função do tempo para processamento após a colheita. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Soluble solids content (A), percentage of sucrose (B) and percentage of reducing sugar (C) of cultivar MD0001, as a function of time for post-harvest processing. Means followed by the same letter do not differ statistically from each other by the Scott-Knott test at 5% probability) 24
- Figura 7 Porcentagem da umidade dos grãos de milho-doce (A) e acidez titulável (B) da cultivar MD0001, em função do tempo para processamento após a colheita Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Percentage of sweet corn moisture (A) and titratable acidity (B) of cultivar MD0001, as a function of time for post-harvest processing Averages followed by the same letter do not differ statistically from each other by the Scott-Knott test at 5% probability) 24

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos econômicos da cultura do milho-doce	3
2.2 Origem e características particulares da cultura do milho-doce.....	3
2.3 Informações nutricionais e minerais do milho-doce.....	5
2.4 Estádios de desenvolvimento do milho-doce	6
2.5 Manejo cultural do cultivo do milho-doce.....	7
2.6 Principais fatores para industrialização do milho-doce.....	8
2.7 Manejo da pós-colheita do milho-doce.....	9
2.8 Referências.....	10
3 CAPITULO I.....	12
3.1 Introdução	14
3.2 Material e métodos.....	15
3.2.1 Área de cultivo, condições climáticas e preparo de solo	15
3.2.2 Delineamento experimental e análise estatística.....	16
3.2.3 Material vegetal e condições de cultivo.	17
3.2.4 Colheita e avaliações pós-colheita	18
3.2.5 Avaliações feitas na horta da UFG, Campus Samambaia, Goiânia, Goiás	18
3.2.6 Avaliações feitas no laboratório de Fisiologia e Pós-Colheita do IF Goiano, Campus Morrinhos, Goiás	19
3.3 Resultados e discussão	20
3.4 Conclusão.....	25

3.5 Referências..... 26

1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho-doce (*Zea mays saccharata*) é uma das hortaliças mais populares nos Estados Unidos, ocupando área plantada de, aproximadamente, 225.000 ha, tornando aquele país o maior produtor global, com 25% da área mundial. No Brasil, com o passar dos anos, o milho-doce vem ganhando cada vez mais espaço dentro da cadeia do agronegócio nacional, ocupando hoje uma área plantada de 36.000 ha (Souza, 2018).

Com aproximadamente 90% da área nacional, o estado de Goiás destaca-se como principal região produtora de milho-doce do Brasil, estando neste estado também as principais indústrias processadoras desta matéria-prima (Luz et al., 2014). São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais são responsáveis pelo restante da produção brasileira (Pereira Filho & Teixeira, 2016). A principal diferença entre os dois mercados, americano e brasileiro, se dá justamente pela forma de consumo do produto, tendo o primeiro mercado a característica do consumo *in natura*, diferentemente do segundo, em que predomina o consumo em conservas.

Maggio (2006) aponta que cultivares apresentando alto teto produtivo são desejadas pelos produtores e agroindústrias, porém nem sempre são escolhidas no momento do semeio. A cultivar ideal deve apresentar um balanço positivo entre as características quantitativas e qualitativas.

Dentro dos parâmetros quantitativos, além da produtividade, devemos destacar o rendimento industrial, responsável por estimar a quantidade de grãos enlatados em relação à quantidade de espigas colhidas no campo (Barbieri et al., 2005). Em vista das características qualitativas e dada a alta perecibilidade do milho-doce, dependendo do manejo adotado na pós-colheita, esta matéria-prima pode sofrer queda na qualidade do produto final, principalmente no que diz respeito ao conteúdo de açúcares em seu endosperma (Moretti & Henz, 2003).

Ponto importante a ser considerado durante a pós-colheita é o intervalo de tempo entre a colheita e o início do processamento do milho-doce, tendo em vista

possíveis acondicionamentos inadequados dados às espigas. Inserido neste período, é importante salientar desde a distância dos campos de produção até as unidades industriais, passando pela qualidade do transporte feito, até o tempo de espera desta matéria-prima nos pátios industriais que, dependendo de fatores internos ou externos as fábricas, pode perdurar por longas horas.

Levando em consideração toda a importância da cadeia produtiva do milho-doce e atrelado ao baixo número de estudos abordando tal cultivo, objetivou-se com este trabalho avaliar possíveis perdas de ordem quantitativa e qualitativa desta cultura quando submetida a longo período de espera para o processamento industrial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos econômicos da cultura do milho-doce

A estimativa de produção brasileira de milho comum para 2019 é de aproximadamente 94 milhões de toneladas, colocando o Brasil como terceiro maior produtor desta commodity. A primeira e segunda posições deverão ser ocupadas pelos Estados Unidos e China, com uma produção estimada de 366 milhões de toneladas e 257 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2019).

No Brasil, entre os diversos tipos de milhos disponíveis, o milho-doce ocupa uma área de aproximadamente 36 mil ha. Para este tipo de milho, os Estados Unidos também ocupam a posição número um no ranking de produção, com uma área aproximada de 225 mil ha. O estado de Goiás lidera a produção nacional, com, aproximadamente, 90% da área plantada, sendo grande parte da produção destinada às indústrias de processamento (Souza, 2018).

Segundo Maggio (2006), a predominância da produção em território goiano é devida à possibilidade de cultivo durante todo ano em áreas de pivô central e aos incentivos fiscais proporcionados por este estado às principais agroindústrias de processamento de alimentos do Brasil. Entre as mais de dez empresas agroindustriais presentes no Brasil, podem ser destacadas: Kraft Heinz Food Brazil em Nerópolis; Goiás Verde Alimentos em Luziânia; Fugini em Cristalina; Oderich em Orizona; e Dez Alimentos e Olé Conservas em Morrinhos.

2.2 Origem e características particulares da cultura do milho-doce

Originário da América Central, com destaque para o México, pertencente à família das Poáceas ou Gramíneas, o milho foi domesticado em um período entre 7.000

e 10.000 anos atrás. Tem por característica ser uma planta herbácea de ciclo anual, com propagação sexuada, monoica, pertencente ao grupo C4, o que lhe confere a característica de ser altamente eficiente na conversão de CO₂, utilização da luz e armazenamento de carboidratos (Pereira Filho & Teixeira, 2016).

Entre diversas características da cultura do milho, podemos destacar uma em particular concernente à enorme variabilidade genética na composição de seu endosperma. Esta diversidade genética tem sido explorada pelo homem há muitos anos, dando origem a diferentes tipos de milho. Entre as diferentes espécies de milho exploradas pela humanidade, como o milho-branco e o milho-pipoca, podemos destacar o milho-doce, que, pela ação de alelos mutantes, sofreu alterações na composição de seu endosperma, que lhe proporcionaram aumento na concentração de açúcares quando comparado com o amido (Pereira Filho & Teixeira, 2016).

No milho comum, a concentração de açúcar é da ordem de 3% e no milho-doce essa concentração varia entre 14% e 25%, sendo os maiores teores encontrados nas cultivares conhecidas como superdoce. Vale ressaltar que essa diferença na concentração de açúcares no endosperma do milho é geneticamente controlada por alelos recessivos (Tabela 1) para a maioria dos mutantes comercialmente utilizados (Teixeira et al., 2014).

Em razão dessa elevada concentração de açúcares em seu endosperma, podemos anotar como ponto de destaque em relação ao milho-verde sua maior palatabilidade, tornando-o muito atrativo para o consumo humano (Ferreira, 2016).

Tabela 1. Alelos mutantes de endosperma utilizados em híbridos de milho-doce (Mutant endosperm alleles used in sweet corn hybrids)

Alelo	Símbolo	Enzima	Fenótipo
amylose-extender 1	ae1	Starch branching enzyme Iib	doce
brittle 2	bt1	Starch granule bound phospho-oligosaccharide synthase	superdoce
brittle 2	bt2	ADP-glucose pyrophosphorylase	superdoce
dull 1	dul1	Soluble starch synthase	doce
shrunken 2	sh2	ADP-glicose fosforilase	superdoce
sugary 1	su1	Starch debranching isoamylase	doce
sugary enhancer	se1	Desconhecido	superdoce

Fonte (Source): Maggio (2006)

Devido ao efeito ocasionado no endosperma por estes alelos mutantes, eles são divididos em duas classes. Pertencentes à classe 1, estão os alelos brittle1, brittle2 e shrunken2, conhecidos por acumular grande quantidade de açúcares (18% a 40%) em detrimento do amido. Fazem parte da classe 2, os alelos amilose extender1, dull1 e

sugary, que resultam em menor quantidade de amido quando comparado ao milho convencional, sendo somente utilizados em milho-doce de forma combinada, o que acaba por resultar nos mesmos teores de açúcares dos alelos da classe 1. O alelo sugary enhancer não se enquadra em nenhuma das duas classes, mas, quando combinado em homozigose com o su1, também resulta em teores de açúcares próximos aos alelos da classe 1 (Maggio, 2006).

O *shrunken2*, atualmente, é o alelo utilizado pelos híbridos comerciais de milho-doce, principalmente por proporcionar maior janela de colheita. A perda de água dos grãos de milho-doce de plantas dos genótipos contendo o alelo *sh2* é mais lenta, dado seu maior potencial osmótico conferido pela alta concentração de açúcar nessas partes (Tracy, 2001).

2.3 Informações nutricionais e minerais do milho-doce

Informações nutricionais do milho-doce referentes a uma porção de 100 g são apresentadas (Tabela 2). A composição mineral deste mesmo produto numa concentração por 100 g também são apresentadas (Tabela 3).

Tabela 2. Informações nutricionais do milho-doce (Nutrition information for sweet corn)

Componente nutricional	Concentração por 100g
Água (g)	76,05
Valor energético (kcal)	86
Proteína (g)	3,27
Gorduras totais (g)	1,35
Carboidratos (g)	18,7
Fibra alimentar (g)	2
Monossacarídeos (g)	6,26
Vitamina C, ácido ascórbico total (mg)	6,8
Vitamina A (SI) (IU)	187
Ácido fólico, total (µg)	42

Fonte (Source): Universidade Federal de São Paulo (Federal University of São Paulo) (2019)

Tabela 3. Composição mineral do milho-doce (Mineral composition of sweet corn)

Componente mineral	Concentração por 100g
Potássio (mg)	270
Fósforo (mg)	89
Magnésio (mg)	37
Sódio (mg)	15
Cálcio (mg)	2
Ferro (mg)	0,52
Zinco (mg)	0,46

Fonte (Source): Universidade Federal de São Paulo (Federal University of São Paulo) (2019))

Traçando um paralelo entre o milho-doce e o milho comum, podemos apontar importantes diferenças em suas composições: enquanto o milho-doce apresenta a cada 100 g de amostra 18,7 g de carboidratos, o milho comum apresenta 74,26 g. Para concentração de monossacarídeos, o milho-doce apresenta cerca de 6,26 g contra aproximadamente 0,64 g no milho comum. Estas diferenças apenas apontam quanto são diferentes estes dois produtos, apesar de apresentarem visualmente o mesmo aspecto (Universidade Federal de São Paulo, 2019).

2.4 Estádios de desenvolvimento do milho-doce

O sistema de identificação dos estádios de crescimento da cultura do milho compreende dois períodos: o primeiro compreende o desenvolvimento vegetativo (V) das plantas e o segundo, seu desenvolvimento reprodutivo (R) (Tabela 4). As subdivisões existentes nos estádios vegetativo e reprodutivo são designadas numericamente.

O estágio vegetativo tem sua origem em VE, representando a emergência das plantas, passando pelos estádios V1, V2, V3 até V(n), em que (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento (Vt). Entre os estádios reprodutivos, temos seu início em R1, que ocorre quando os estilos-estigmas estão visíveis para fora das espigas, momento em que o grão de pólen liberado é capturado por um dos estilos-estigmas, até R6, quando os grãos de milho alcançam sua maturidade fisiológica.

Os estádios e os números totais de folhas desenvolvidas podem variar entre os diferentes híbridos, estações do ano, datas de plantio e locais. Estresses ambientais tais como deficiência de nutrientes ou de umidade podem ampliar o tempo entre os estádios vegetativos, mas encurtam o tempo entre os estádios reprodutivos (Magalhães & Durães, 2006).

Tabela 4. Estádios vegetativos e reprodutivos da cultura do milho (Vegetative and reproductive phases of corn)

Estádios Vegetativos	Estádios Reprodutivos
VE – Emergência	R1 – Embonecamento
V1 – 1ª folha desenvolvida	R2 – Bolha d'água
V2 – 2ª folha desenvolvida	R3 – Leitoso
V3 – 3ª folha desenvolvida	R4 – Pastoso
V(n) – nª folha desenvolvida	R5 – Formação de dente
VT- Pendoamento	R6 – Maturidade fisiológica

Fonte (Source): Magalhães & Durães (2006)

2.5 Manejo cultural do cultivo do milho-doce

Com relação ao manejo do milho-doce, os produtores adotam basicamente os mesmos critérios do milho convencional. No que concerne ao plantio, recomenda-se evitar a semeadura em regiões com temperatura média diurna abaixo de 19,5°C e noturna abaixo de 13,1°C. Temperaturas superiores a 35°C por longos períodos durante o desenvolvimento da cultura podem causar danos à polinização, provocando decréscimo do número de grãos por espiga (Pareontoni et al., 1990).

A quantidade de nutrientes exportados pelas plantas de milho está diretamente relacionada com o objetivo da produção. Para produção de grãos, a demanda de nutrientes será menor quando comparada à exportação para produção de forragem (Pereira filho & Teixeira, 2016). A Tabela 5 expressa a extração de nutrientes de uma planta de milho-doce.

Mesmo com o contínuo ajuste dos fatores de produção feito pelos produtores visando a obter maiores produtividades na atividade agroindustrial, é importante também considerar as necessidades do processamento industrial, sendo assim, altas produtividades não necessariamente resultam em espigas adequadas para a indústria (Ávila, 2017).

A colheita do milho-doce é feita quando os grãos estão em estado leitoso, com aproximadamente 75% de umidade (Teixeira et al., 2014). Sawazaki et al. (1979) utilizam para determinação do ponto de colheita a contagem dos dias após a polinização (DAP), sendo o intervalo de 18-25 DAP. Dada a alta perecibilidade do produto final, ou seja, das espigas de milho-doce, o processo de colheita necessita ser preciso e ágil, evitando ao máximo a exposição da matéria-prima às intempéries.

Tabela 5. Extração de nutrientes pelo milho destinado à produção de espigas (Extraction of corn nutrients for ear production)

Parâmetro	Milho-Doce		Total
	Planta	Espiga	
Massa seca (t ha ⁻¹)	13,58	12,62	26,2
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	235	160	395
Fósforo (kg ha ⁻¹)	42	33	75
Potássio (kg ha ⁻¹)	294	109	403
Enxofre (kg ha ⁻¹)	17	15	32
Cálcio (kg ha ⁻¹)	37	7	44
Magnésio (kg ha ⁻¹)	19	13	32

Fonte (Source): Maggio (2006)

Estudos desenvolvidos por Luz et al. (2014) mostraram que colheitas feitas trinta dias após o florescimento foram as que obtiveram maior rendimento industrial, com o híbrido SWC08 atingindo 49,3%.

Barbieri et al. (2005) também estudaram a relação entre espaçamento nas entrelinhas, densidade de sementeira e rendimento industrial, tendo observado que os dois primeiros fatores, quando positivamente integrados, acabam por gerar maiores rendimentos industriais. O híbrido MD2002 teve rendimento industrial superior em todas as populações de plantas (50.000, 55.000, 60.000, 65.000 e 70.000 plantas ha⁻¹) e em todos os espaçamentos estudados (60, 70, 80 e 90 cm entre linhas). Esta variável é um importante parâmetro de produção, uma vez que é fundamental na escolha de uma cultivar de maior rentabilidade econômica no processamento industrial. Híbridos de elevado rendimento de grãos resultam em economia de energia elétrica, equipamentos e mão-de-obra durante seu processamento na indústria.

2.6 Principais fatores para industrialização do milho-doce

Pode-se considerar a textura do pericarpo como um dos fatores primários na determinação da qualidade do milho-doce. Com o passar da maturação dos grãos, todas as cultivares de milho-doce desenvolvem espessamento do pericarpo, depreciando assim o material, podendo essa taxa variar conforme a cultivar. Embora haja pouca informação a respeito da herança desse caráter, parece existir uma relação de dominância do pericarpo tenro sobre o de textura grosseira; portanto, é um fator hereditário e, ao mesmo tempo, fisiológico, uma vez que todas as variedades se tornam mais espessas com o avanço da maturação (Kwiatkowski & Clemente, 2007).

A menor espessura do pericarpo gera grãos de melhor qualidade. O pericarpo tenro é altamente desejável no melhoramento da qualidade do milho-doce, mas a semente fica muito susceptível ao ataque de patógenos. A espessura do pericarpo é um caráter de herança quantitativa e pode ser alterada pela seleção. Não é um caráter afetado pelo ambiente, mas sua variação entre genótipos é extensa (Kwiatkowski & Clemente, 2007).

A maioria das áreas produtoras de milho-doce no Brasil ocorre sob condições de irrigação via pivô central e em sucessão de culturas, com possibilidades de atingir

produtividade em campo acima de 16 t há⁻¹, chegando, em alguns casos, a ultrapassar 20 t há⁻¹.

Esta possível produtividade esperada não reflete muitas vezes as produtividades atingidas pelos produtores. Tal redução na expectativa da produtividade pode ocorrer pelo baixo rendimento agrícola, pela produção insatisfatória de grãos e pelo baixo rendimento industrial, acarretado pela produção de espigas com características qualitativas inadequadas ao processamento (Barbieri et al., 2005).

Características como comprimento e diâmetro da espiga e profundidade e largura de grãos são essenciais para obtenção de ótimos resultados no desempenho industrial. As unidades processadoras têm preferência por materiais que produzem espigas grandes e com grãos profundos, ou seja, grãos que apresentam maior altura em relação à sua largura. Tais características auxiliam na obtenção de altas produções industriais.

Para atender as exigências das unidades processadoras, os materiais utilizados no campo devem apresentar rendimento superior a 30% para cada 100 kg de espigas com palha colhidas, ou seja, 30 kg de grãos disponíveis para o envasamento. Espigas cilíndricas com mais de 16 fileiras de grãos facilitam para que altos rendimentos industriais sejam alcançados por estas empresas (Carvalho, 2018).

Atualmente, as empresas produtoras de sementes vêm dedicando seus programas de melhoramento ao milho-doce a fim de entregar a seus clientes, as indústrias de conservas alimentícias, cultivares mais resistentes a doenças e pragas, com maiores teores de açúcar, altas produtividades e maior percentagem de rendimento de grãos envasados (Pereira Filho & Teixeira, 2016).

2.7 Manejo do pós-colheita em milho-doce

Logo após a colheita do milho-doce, ele passa por um processo de seleção em que são descartadas espigas que apresentem danos externos aparentes, classificando as restantes tomando por referência seu tamanho. Uma etapa importante no manuseio pós-colheita do milho-doce é a remoção do calor de campo do produto. Quanto mais rápido o resfriamento, maior sua vida útil, visto que, após a colheita, a perda da doçura no grão é rápida em razão da hidrólise da sacarose que, no endosperma imaturo, é metabolizada para amido pela enzima sacaroseglucosil-transferase (Moretti & Henz, 2003).

Perdas na ordem de 14% do seu teor de açúcares podem acontecer com o milho-doce quando armazenado a 20°C por um período de apenas três horas. Essa perda pode ser reduzida a 4% em 24 horas e de 7% a 8% em 72 horas a 0°C (Chitarra, M. & Chitarra, A., 2005). Recomendam-se como horário ideal para a colheita os períodos mais frescos do dia, evitando grandes pilhas de espigas na lavoura, pois isto pode acelerar o processo de fermentação (Pareontoni et al., 1990).

Ficam claros a complexidade que rodeia a cadeia produtiva de milho-doce e todos os desafios encontrados todos os dias pelas indústrias processadoras bem como pelas empresas produtoras de sementes. Diversos estudos foram e estão sendo conduzidos a fim de trazer respostas às mais diversas dúvidas sobre o cultivo do milho-doce. Entre os importantes fatores que compõem o negócio desta hortaliça, o rendimento industrial, com certeza, figura em destaque como importante ferramenta de sucesso dentro das indústrias processadoras. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo estudar o efeito de diferentes intervalos de processamento e seus possíveis impactos nas características industriais, tanto sob o aspecto quantitativo como qualitativo.

2.8 REFERÊNCIAS

- ÁVILA, MCR. 2017. *Seletividade inicial de mesotrione em diferentes modalidades de aplicação para a cultura do milho-doce*. Instituto Federal Goiano, Morrinhos. 51p. (Dissertação Mestrado).
- BARBIERI, VHB; LUZ, JMQ; BRITO, CH; DUARTE, JM; GOMES, LS; SANTANA, DG. 2005. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho-doce em função de espaçamento e populações de plantas. *Horticultura Brasileira*, 23(3) jul.-set. 2005.
- CARVALHO, SL. 2018. *Levantamento de controle biológico de *Pratylenchus brachyurus* na cultura do milho-doce.*, Instituto Federal Goiano. Morrinhos, GO. 80p. (Dissertação Mestrado).
- CHITARRA, MIF; CHITARRA, AB. 2005. Perdas pós-colheita. In: *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2.ed. Lavras: UFLA, cap. 3, p.151-202.
- MAGALHÃES, PC; DURÃES, FOM. 2006. *Fisiologia da produção de milho* (ISSN 1679-1150). Circular Técnica 76, EMBRAPA. Sete Lagoas, Minas Gerais.
- FERREIRA, DCA. 2016. *Qualidade pós-colheita de milho-doce pulverizado com silício e submetido a déficit hídrico*. Instituto Federal Goiano. Morrinhos, GO. 37p. (Dissertação Mestrado)

- KWIATKOWSKI, A; CLEMENTE, E. 2007. Caracterização do milho-doce (*Zea mays L.*) para industrialização. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 1(2):93-103. Ponta Grossa, PR.
- LUZ, MQ; CAMILO, JS; BARBIERI, VHB; RANGEL, RM; OLIVEIRA, RC. 2014. Produtividade de genótipos de milho-doce e milho-verde em função de intervalos de colheita. *Horticultura Brasileira*, 32(2), abr.-jun. 2014.
- MAGALHÃES, PC; DURÃES, FOM. 2006. Fisiologia da Produção de Milho. *Circular Técnica 76*, p.2-10. Embrapa. Sete Lagoas, MG. 2006.
- MAGGIO, MA. 2006. *Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por planta de milho-doce híbrido "Tropical"*. Instituto Agrônomo. Campinas, SP. 55p.(Tese Mestrado).
- MORETTI, CL; HENZ, GP. 2003. Manuseio pós-colheita de milho-doce. In: PEREIRA FILHO, IA. (Ed.). *O cultivo do milho-verde*. Brasília: Embrapa, cap.12, p.195-204.
- PARENTONI, SN; GAMA, EEG; MAGNAVACA, R; REIFSCHNEIDER, FJB; VILLAS BOAS, GL. 1990. Milho-doce. *Informe Agropecuário*, 14(165):17-22, Belo Horizonte, MG.
- PEREIRA FILHO, IA; TEIXEIRA, FF. (Ed.). 2016. *O cultivo do milho-doce*. Embrapa. Brasília, DF. p.11-12.
- SAWAZAKI, E; POMMER, CV; ISHIMURA, I. 1979. Avaliação de cultivares de milho para utilização no estágio de verde. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 31:1291-1302.
- SOUZA, MLC. 2018. *Parâmetros fisiológicos do cultivo de milho-doce sob influência de deficiência hídrica*. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita". Botucatu, SP. (Master thesis).
- TEIXEIRA, FF; PAES, MCD; GAMA, EEG; PEREIRA FILHO, IA; MIRANDA, RA de; GUIMARÃES, PE de O; PARENTONI, SN; COTTA, LV; MEIRELLES, WF; PACHECO, CAP.; GUIMARÃES, LJM; SILVA, AR da; MACHADO, JR de A. 2014. BRS Vivi: single-cross super sweet corn hybrid. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 14:124-127. Brazilian Society of Plant Breeding.
- TRACY, W F. 2001. Sweet corn. Specialty corns. In: HALLAUER, AR. (Ed.). Boca Raton: *CRC Press*, p.18-192.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 2019. World agricultural production. *Circular Series Wap 3-19* March 2019. p.1-32
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO. 2019. *Departamento de informática em saúde*. Escola Paulista de Medicina. Available at: <<http://tabnut.dis.epm.br>> Acesso em: março 14, 2019.

3 CAPITULO I

Influência de diferentes intervalos de processamento de milho-doce sobre características quantitativas e qualitativas

(Normas de acordo com a revista Horticultura Brasileira)

Resumo

Com aproximadamente 36 mil ha, o milho-doce, com o passar dos anos, vem ganhando cada vez mais espaço na cadeia agrícola brasileira. Ele se diferencia do milho comum em razão de menores concentrações de amido em relação à sacarose em seu endosperma, característica essa que confere a cultivares deste segmento um sabor adocicado único para essa espécie vegetal. O estado de Goiás é responsável por aproximadamente 90% de toda produção nacional, tendo como destino desta matéria-prima as indústrias processadoras de alimento localizadas majoritariamente neste estado. Devido à alta perecibilidade deste produto, recomenda-se que o intervalo entre a colheita e seu processamento seja o menor possível a fim de preservar tanto as características quantitativas quanto aquelas de ordem qualitativa. Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a performance de espigas de milho-doce submetidas a diferentes intervalos de processamento após a colheita. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco repetições, tendo sido adotados períodos de processamento das espigas de 0, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 horas após a colheita. Características como peso fresco da espiga com palha, sem palha, somente do sabugo e somente dos grãos oriundos do processamento foram anotadas, bem como seu rendimento industrial. Também foram avaliados a umidade da amostra, o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável, o teor de sacarose e de redutores. Durante os períodos de armazenamento pós-colheita e pré-processamento das espigas de milho-

doce, não foram verificados ganhos ou perdas em caráter quantitativo. Notou-se redução na concentração de sólidos solúveis na solução de sacarose do caldo do milho-doce, apontando ocorrência de consumo dos compostos solúveis possivelmente pelo processo respiratório.

Palavras-chave: *Zea mays* L., pós-colheita, rendimento industrial, sólidos solúveis

Influence of different sweet corn processing intervals on quantitative and qualitative characteristics

(Standard according to the Horticultura Brasileira magazine)

Abstract

With approximately 36,000 ha (360 km²), sweet corn over the years has been gaining more and more space in the Brazilian agricultural chain. Sweet corn is different from the field corn due to the lower concentrations of starch in relation to sucrose in its endosperm, characteristic that gives its cultivars a unique sweetish flavor. The Goiás State, Brazil, is responsible for approximately 90% of all national production and this raw material goes to the food processing industries established mainly in this state. Due to the high perishability of this product, it is recommended that the interval between harvest and its processing be kept to a minimum to preserve both quantitative and qualitative characteristics. So that, this study aimed to evaluate the behavior of sweet corn cobs submitted to different processing intervals after harvesting. The experiment was carried out in a randomized block experimental design with five replicates, and the cob processing periods were 0, 4, 8, 12, 16, 20, and 24 hours after harvesting. Features like fresh weight of cob with straw, cob without straw, only cob, and only grains from the processing were registered and their industrial yield. The sample moisture, soluble solids content, titratable acidity, sucrose content, and reducer's content were also evaluated. In the post-harvest storage and pre-processing periods of sweet corn cobs, quantitative gains or losses were not found. Decrease related to the soluble solids concentration in the sucrose solution of the sweet corn broth was found, indicating that consumption of the soluble compounds possibly occurred by the respiratory process.

Keywords: *Zea mays* L., industrial yield, postharvest, soluble solids

3.1 Introdução

Classificado como milho especial, o milho-doce (*Zea mays saccharata*) tem seu destino direcionado exclusivamente para alimentação humana, existindo duas formas de consumo, *in natura* e processada (Zuchareli et al., 2012). A colheita das espigas pode ser feita antes do período da polinização, envasando-as posteriormente na forma de minimilho ou processando as espigas, oferecendo, assim, seus grãos envasados em conservas (Maggio, 2006). Esta última modalidade de processamento é o principal destino do milho-doce produzido no Brasil. Sua exploração pode ser uma alternativa econômica para os agricultores, dada sua elevada cotação, que, na maioria das vezes, é superior à do milho convencional (Zárate et al., 2019).

As características requeridas pelas indústrias de processamento de milho-doce estão relacionadas à uniformidade na altura das plantas e da inserção das espigas, facilitando, assim, o processo de colheita mecanizada; à uniformidade no teor de umidade nos grãos; e à alta concentração de açúcar, proporcionando uma melhor palatabilidade do produto. A textura dos grãos deve ser uniforme, apresentando pericarpo fino com grãos tenros e alta produção de grãos por espiga para obtenção de alto rendimento industrial (Kwiatkowski & Clemente, 2007).

O milho-doce é considerado uma olerícola altamente perecível pela sua elevada atividade metabólica no período pós-colheita, motivo pelo qual se recomenda sua colheita durante as primeiras horas da manhã, com o intuito de evitar o acúmulo de calor pelas espigas durante o decorrer do dia (Moretti & Henz, 2002). Todavia esse manejo durante a colheita nem sempre é empregado pelas agroindústrias. A elevada área produzida, aliada à pressão para produções industriais cada vez mais elevadas, faz com que as frentes de colheita estendam suas atividades ao longo de todo o dia.

Sendo assim, é recomendado que o transporte do milho-doce do campo até as unidades de processamento seja feito por caminhões refrigerados para promover uma troca de calor rápida da matéria-prima, preservando, assim, sua qualidade (Pereira Filho & Teixeira, 2016). Porém a realidade brasileira do transporte é de caminhões desprovidos de quaisquer dispositivos de refrigeração, que, muitas vezes, percorrem centenas de km até as agroindústrias processadoras.

Após a chegada das espigas às fábricas, recomenda-se seu imediato processamento, mas, dependendo do planejamento das empresas, aliado a fatores

climáticos que podem acarretar aumento ou diminuição do período de maturação das espigas, pode ocorrer acúmulo de matéria-prima nos pátios das empresas, estendendo o período de espera para o processamento acima de quatro horas, tempo preconizado pelas agroindústrias como o máximo de espera.

O mau acondicionamento das espigas bem como o atraso no processamento podem acarretar queda na qualidade do produto. A 10°C, a perda de açúcar é três vezes mais rápida que 0°C, a 20°C é seis vezes mais rápida e a 40°C pode chegar a ser 24 vezes mais rápida. Este decréscimo na concentração de açúcares está relacionado tanto à sua conversão em polissacarídeos, principalmente amido, como pelo seu consumo durante o processo respiratório (Pareontoni et al., 1990). Xiaolong e Yunfei (2011) observaram em seus estudos manutenção de menor taxa de respiração e menor perda de açúcar em milho-doce fresco armazenado a -1°C (ponto de congelamento), quando comparado ao mesmo milho armazenado resfriado a 4°C.

Todavia pouco se conhece dos efeitos acarretados pelo mau acondicionamento ou retardo no processamento das espigas sobre características quantitativas como rendimento industrial. Frente aos desafios que as empresas processadoras de milho-doce enfrentam todos os dias por lidarem com uma matéria-prima muito perecível, aliada ao baixo número de trabalhos em comparação com outras culturas do cenário agrícola brasileiro, objetivou-se com esse trabalho estudar os efeitos ocorridos em ordem quantitativa e qualitativa em milho-doce quando colhido e submetido ao processamento tardio.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Área de cultivo, condições climáticas e preparo de solo

O experimento foi conduzido na horta do departamento de Horticultura da Universidade Federal de Goiás, localizado na rodovia Goiânia-Nova Veneza, km 0, s/n, Campus Samambaia, município de Goiânia, estado de Goiás (latitude 16°35'48,1"S, longitude 49°16'53,7"W, 725 m de altitude).

Segundo a escala climática proposta por Köppen-Geiger, o clima da região é considerado do tipo megatérmico, classificado como Aw, ou seja, clima tropical. A

temperatura média do mês mais frio do ano é superior a 18°C e durante o verão é registrado grande volume de precipitação.

O monitoramento climático da área experimental foi feito desde a implantação da cultura até a colheita, tomando como fonte de informação os dados registrados pela Estação Evaporimétrica da Universidade Federal de Goiás, localizada dentro da própria Escola de Agronomia, na cidade de Goiânia, Goiás (Tabela 6).

Tabela 6. Dados climáticos durante a condução do ensaio entre 20 de janeiro e 21 de abril do ano de 2018 (Climatic data during the test from January 20 to April 21 of 2018)

Mês	T°C Max. Média	T°C Min. Média	T°C Média	UR% Média	Precipitação Mm Total	Precipitação Mm Média	Dias chuvosos
Janeiro ¹	30,9	19,5	25,2	67,0	88,2	7,4	11
Fevereiro	30,3	19,5	24,9	67,1	171,8	6,1	14
Março	30,1	19,8	25,3	67,1	193,6	6,2	18
Abril ²	29,3	18,8	24,1	66,4	109,8	5,2	14

Fonte (Source): Estação Evaporimétrica – UFG – 2018

Nota (Note): ¹Dados referentes ao período de 20 janeiro a 31 janeiro, 11 dias. ²Dados referentes ao período de 1 abril a 21 abril, 21 dias. (¹Data referring to the period from January 20 to January 31, 11 days. ²Data for the period from April 1 to April 21, 21 days.)

Durante o período de condução da cultura do milho-doce, estação chuvosa do ano, foram observadas boas distribuição em volume e frequência de precipitações, o que dispensou a utilização de sistema de irrigação para suportar possíveis déficits hídricos da cultura em questão.

Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm e posteriormente encaminhadas para o Laboratório Terra Análises para Agropecuária LTDA. A correção do solo foi feita com base na análise das características químicas do solo (Tabela 7).

Tabela 7. Propriedades químicas do solo da área de implantação da cultura do milho-doce (Soil chemical properties of the sweet corn cultivar área)

Profundidade	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺ ₊	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Cu	Fe	Mn	Zn
	Água	mg dm ⁻³		Cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³				
0-20cm	5,3	14	0,031	2,7	0,8	0,00	2,5	2,3	34	49	9,3

Nota: *Análises feitas no Laboratório Terra Análises para Agropecuária Ltda., Goiânia-GO, 2018. (Analysis made at Laboratory Terra Analysis for Farming Ltda., Goiânia-GO, 2018)

3.2.2 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco repetições, cada repetição correspondendo a 30 espigas de milho-verde. Os tratamentos consistiram dos tempos de espera para o processamento e

foram definidos em: (a) T0 – Imediatamente após a colheita; (b) T1 – quatro horas após a colheita; (c) T2 – oito horas após a colheita; (d) T3 – doze horas após a colheita; (e) T4 – 16 horas após a colheita; (f) T5 – 20 horas após a colheita; e (e) T6 – 24 horas após a colheita.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e, quando necessário, ajustado um modelo de regressão, utilizando o programa Sisvar (Ferreira, 2011).

3.2.3 Material vegetal e condições de cultivo

A cultivar utilizada neste trabalho foi a MD0001, superdoce, contendo o alelo *shrunk2* (sh2). A adubação foi feita no momento do plantio e em cobertura e os formulados foram aplicados (Tabela 8).

Tabela 8. Adubação de plantio e cobertura com base na utilização das agroindústrias (Planting and cover fertilization based on agroindustry utilization)

Formulado	Volume (kg ha ⁻¹)	Época	Observação
4-30-10	400	Plantio	Aplicado na linha
Sulfato de amônio	150	10 DAE	Aplicado na linha
Ureia + Cloreto de Potássio + Ácido Bórico	150 + 100 + 3	20 DAE	Aplicado na linha
Ureia + Cloreto de Potássio + Ácido Bórico	150 + 100 + 3	30 DAE	Aplicado na linha

A semeadura foi feita manualmente no dia 20 de janeiro de 2018, o espaçamento entre linhas adotado foi de 50 cm, dispondo cinco sementes por metro linear. Cada linha de plantio tinha oito metros de comprimento, tendo o ensaio todo ocupado uma área de 840 m². Após 21 dias da emergência, foi feito o desbaste da área, ajustando a população de plantas para três plantas por metro, tendo como população final 60 mil plantas por hectare. Para as avaliações, foram utilizadas as espigas das duas linhas centrais (Figura 1).

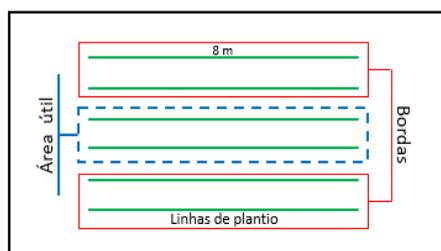


Figura (Figure) 1. Esquema ilustrativo da parcela do experimento (Illustrative diagram of the experiment plot)

A umidade dos grãos foi monitorada constantemente e, no dia 20 de abril de 2018, 91 dias após o semeio, os grãos apresentavam umidade de aproximadamente 75%. A umidade dos grãos foi aferida por um determinador de umidade Modelo IV2500.

O controle de patógenos, pragas e plantas daninhas foi feito conforme indicação para a cultura nas doses recomendadas pelos fabricantes.

3.2.4 Colheita e avaliações pós-colheita

No dia 21 de abril de 2018, às 8 h da manhã, horário de Brasília, foram colhidas 30 espigas para cada repetição, sendo retiradas quinze espigas de cada uma das duas linhas centrais da unidade experimental. As espigas foram acondicionadas em sacos de polietileno, acomodados em ambiente aberto a fim de expor as espigas às mesmas condições de espera para o processamento que ocorre nos pátios das unidades de processamento industrial.

O tempo de espera para o processamento e avaliações de qualidade pós-colheita variou de zero a 24 horas. No momento da colheita e a cada quatro horas, as espigas de milho foram avaliadas quanto à massa fresca da espiga com palha (peso verde), massa fresca da espiga sem palha (peso amarelo), massa fresca de grãos (peso processado), umidade de grãos, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável e teor de açúcares solúveis totais e redutores. As avaliações foram feitas conforme descrito a seguir:

3.2.5 Avaliações feitas na horta da UFG, Campus Samambaia, Goiânia, Goiás

Foram utilizadas as dependências do setor de horticultura da UFG para as seguintes avaliações:

- a) massa fresca: para a determinação da massa fresca da espiga com palha, espiga sem palha e grão desgranado, foram utilizadas 30 espigas por repetição em cada período pós-colheita. As espigas e os grãos foram pesados em uma balança da marca Toledo, modelo 3400. Para o processo

de desgrana das espigas, foi utilizada uma desgranadora manual com facas ajustáveis para o corte rente ao sabugo do milho (Figura 2). A massa fresca da palhada foi obtida pela MFP, massa fresca da espiga com palha pela massa fresca da espiga sem palha



Figura (Figure) 2. Equipamento utilizado para a desgrana das espigas de milho-doce (Equipment used for the spreading of sweet corn ears

- b) umidade de grãos: após o processo de desgrana, uma amostra de 100 g por parcela foi retirada e triturada em liquidificador até atingir um ponto de pasta. Foram separados, com o auxílio de uma balança de precisão, 5 g desta pasta para coleta da umidade da amostra através do aparelho IV2500.
- c) Sólidos solúveis: Da pasta resultante do processo de liquidificação, 10 g foram prensados com o auxílio de algodão hidrofílico 100% para obtenção somente do suco do milho-doce para, na sequência, ocorrer a determinação do teor de açúcar por parcela através do refratômetro digital refractive index 1.3330-1.4098, obtendo os dados em °Brix.
- d) acidez titulável: foi determinada por titulometria de neutralização, utilizando como titulante uma solução de NaOH 0,1 N e como substância indicadora, fenolftaleína. Para cada amostra de 10 g do suco de milho-doce, foram adicionados 50 mL de água destilada, a amostra foi titulada até pH 8,1, sendo os valores expressos em porcentagem de ácido málico.

3.2.6 Avaliações feitas no laboratório de Fisiologia e Pós-Colheita do IF Goiano, Campus Morrinhos, Goiás

Para a quantificação dos açúcares solúveis totais (AST), foi empregado o método fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1956) e para a determinação dos açúcares redutores (AR), o método de Somogy-Nelson (Nelson, 1944).

3.3 Resultados e discussão

Foi observado que, durante o período adotado de pré-processamento, a massa fresca das espigas com palha, a massa fresca das espigas sem palha e a massa fresca dos grãos oriundos do processo de desgrana não sofreram alterações, mantendo-se constantes durante todo o intervalo de tempo (Figura 3).

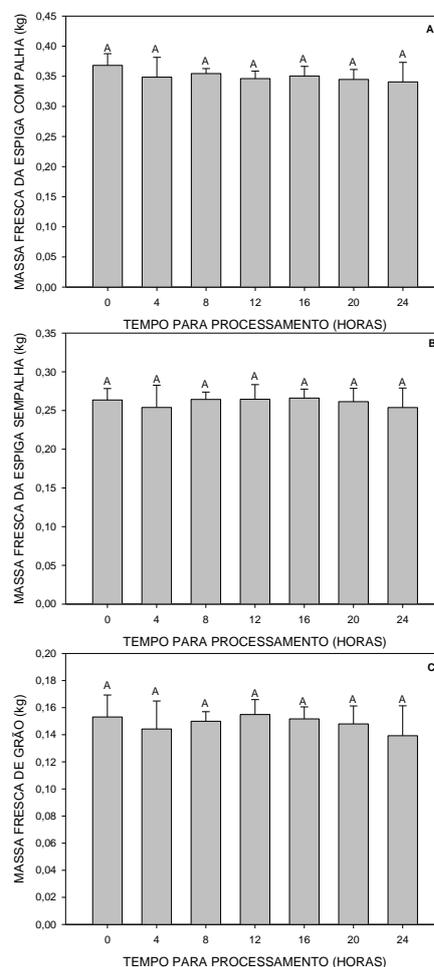


Figura 3. Massa fresca média da espiga com palha (A), massa fresca média da espiga sem palha (B) e massa fresca média dos grãos processados por espiga (C) da cultivar MD0001, em função do tempo para processamento após a colheita. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Mean fresh mass from cob with straw (A), mean fresh mass from cob without straw (B) and mean fresh mass of the processed grains per ear (C) of cultivar MD0001, as a function of the time for post-harvest processing. Means followed by the same letter do not differ statistically from each other by the Scott-Knott test at 5% probability)

Avaliou-se também a massa fresca dos subprodutos sabugo e palhada, resultantes do processamento das espigas. A massa fresca do sabugo se manteve constante ao longo de todo o período de pré-processamento, enquanto a massa fresca da palhada teve um decréscimo de 17,1% em comparação com o período inicial (T0-0 hora) e com o período final de processamento (T6-24 horas) (Figura 4).

Pode-se atribuir a redução da massa fresca da palhada à perda de água que ela teve para o ambiente no intervalo de tempo para o processamento. Estes resultados vão ao encontro aos alcançados por Braz et al. (2006), que observaram que espigas “empalhadas” acomodadas por 7 dias em temperatura ambiente não tinham sinais de murcha dos grãos, mas apenas sinais de desidratação da palha.

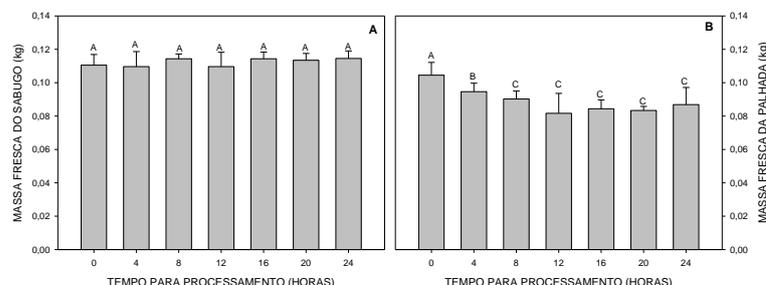


Figura 4. Massa fresca média do sabugo por espiga (A) e massa fresca média da palhada por espiga (B) da cultivar MD0001, em função do tempo para processamento após a colheita. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Mean fresh mass of the cob by ear (A) and mean fresh mass of straw per ear (B) of cultivar MD0001, as a function of the time for post-harvest processing. Means followed by the same letter do not differ statistically from each other by the Scott-Knott test at 5% probability)

A redução da massa fresca da palhada das espigas deixa claro que ela exerce uma primeira barreira física na interface espiga ambiente, atuando na função de proteção aos grãos tanto de fatores bióticos como insetos ou agentes patogênicos como de fatores abióticos. A manutenção da massa fresca dos grãos ao longo do intervalo de tempo para o processamento bem como da sua umidade (Figura 7) reafirmam tal função da palha nas espigas de milho. Mamede et al. (2009), estudando a perda de massa fresca de espigas despalhadas, acondicionadas a 11°C, observaram que, após dois dias, as espigas perderam, aproximadamente, 2% de sua massa fresca e, após oito dias, perderam, aproximadamente, 6% de sua massa fresca.

Foi calculado o rendimento industrial clássico [Equação (1)] para o milho-doce com base nas variáveis massa fresca da espiga com palha (PEP) e massa fresca dos

grãos após o processo de desgrana da espiga (PG). Como base neste dado, temos uma visão da porcentagem da massa de grãos em relação à massa da espiga com palha.

$$\text{Rendimento Industrial (\%)} = \frac{PG \text{ (kg)} \times 100}{PEP \text{ (kg)}} \quad (1)$$

Em que:

PG: Massa fresca dos grãos após o processo de desgrana da espiga; e

PEP: Massa fresca da espiga com palha.

Além do rendimento industrial clássico, também foi calculada a capacidade de “enlatamento” das espigas de milho-doce, ou seja, o índice de preenchimento de latas pelos grãos [Equação (2)]. Este índice aponta a quantidade de espigas necessárias para o preenchimento de uma lata padrão de mercado com 200 g de grãos de milho-doce drenado. Para este cálculo, foram utilizados a variável massa fresca dos grãos após o processo de desgrana da espiga (PG) e o fator 0,200 (fator para embalagens com 200 g de grãos de milho drenado)

$$IP = \frac{PG}{0,200} \quad (2)$$

Em que:

IP: Índice de preenchimento de latas; e

PG: Massa fresca dos grãos após o processo de desgrana das espigas.

Com base nos dados de rendimento industrial coletados ao longo dos sete períodos de processamento das espigas, notou-se que, após serem ajustados para o modelo de regressão, o pico de rendimento se deu às 12 h e 40 m. Entretanto, neste mesmo intervalo de tempo, não foi observada diferença para o índice de preenchimento de embalagens, ou seja, o potencial produtivo das espigas se manteve constante apesar da oscilação do rendimento industrial clássico (Figura 5).

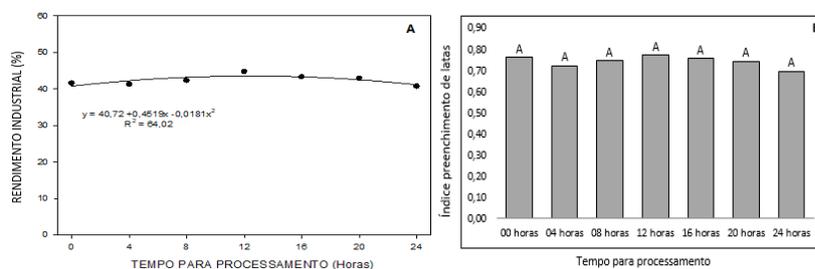


Figura 5. Rendimento industrial clássico (A) e índice de preenchimento de embalagens com 200 g de milho-doce drenado (B) da cultivar MD0001, em função do tempo para processamento após a colheita. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Classical industrial yield (A) and filling index of packages with 200 g of drained sweet corn (B) of cultivar MD0001, as a function of time for post-harvest processing. Means followed by the same letter do not differ statistically from each other by the Scott-Knott test at 5% probability)

Em razão da diminuição da massa fresca da palhada das espigas bem como da manutenção da massa fresca dos grãos ao longo do tempo, foram observadas diferenças do rendimento industrial, todavia sem ganhos produtivos, dada a manutenção da capacidade de preenchimento das embalagens pelos grãos, ou seja, este é um aumento no rendimento não atrelado a um aumento da massa fresca dos grãos, mas a uma diminuição da massa fresca da palhada.

O teor de sólidos solúveis (°Brix) foi avaliado durante os períodos de processamento. Observou-se que 16 horas após a colheita os valores se diferenciaram estatisticamente, tendo uma queda de 15,5% quando comparado o período inicial (T0-0 hora) com o período final de processamento (T6-24 horas). Esta diferença pode ser explicada pelo fato de estes açúcares estarem prontamente disponíveis para o processo respiratório, tendo assim seu consumo acelerado após a colheita. Já para a porcentagem de sacarose, não foi observada diferença em seus níveis durante o mesmo intervalo de tempo (Figura 6). Por haver ainda uma reserva de açúcares prontamente disponível para os processos metabólicos, não ocorre a hidrólise da sacarose, sendo mantidos os níveis constantes deste carboidrato através dos períodos de processamento.

Mamede et al. (2009) estudaram o comportamento do nível de sólidos solúveis em cultivares de milho-verde, tendo observado que, durante um período de armazenamento de oito dias a uma temperatura de 5°C, o material AG1051 apresentou uma redução de 11,2% para 9,4% de sólidos solúveis e o material HT1 oscilou entre 11,9% e 9,7% no mesmo intervalo de tempo. Os grãos de milho-doce podem perder até 14% do seu teor de açúcares quando armazenados a 20°C por um período de apenas três horas, podendo esta perda pode ser reduzida a 4% em 24 horas e de 7% a 8 % em 72 horas a 0°C (Chitarra, M. & Chitarra, A. 2005).

Kwiatkowski e Clemente (2007) apontam que quanto mais rápido o processamento ou resfriamento do milho-doce, maior será sua vida útil, visto que, após a colheita, a perda da doçura no grão é rápida. Françoso et al. (2008) verificaram que a deterioração no pós-colheita de morango acondicionado a temperatura ambiente pode ser atribuída à elevada taxa respiratória, que acaba por consumir a reserva energética dos frutos.

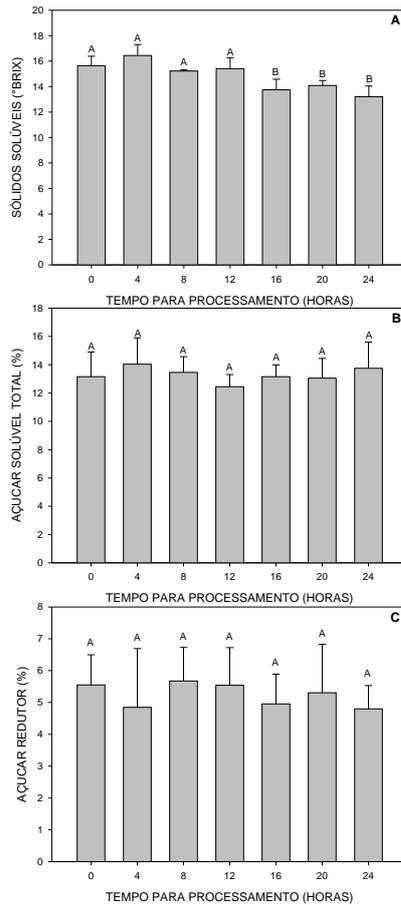


Figura 6. Teor de sólidos solúveis (A), porcentagem de sacarose (B) e porcentagem de açúcar redutor (C) da cultivar MD0001, em função do tempo para processamento após a colheita. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Soluble solids content (A), percentage of sucrose (B) and percentage of reducing sugar (C) of cultivar MD0001, as a function of time for post-harvest processing. Means followed by the same letter do not differ statistically from each other by the Scott-Knott test at 5% probability)

A porcentagem de umidade dos grãos e a acidez titulável foram mensuradas, não tendo apresentado diferença durante o intervalo de tempo de processamento (Figura 7).

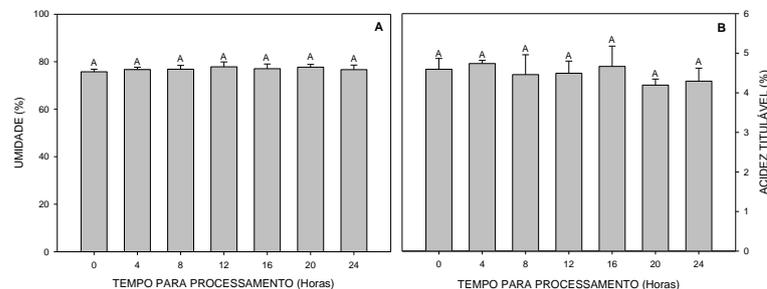


Figura 7. Porcentagem da umidade dos grãos de milho-doce (A) e acidez titulável (B) da cultivar MD0001, em função do tempo para processamento após a colheita. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Percentage of sweet corn moisture (A) and titratable acidity (B) of cultivar MD0001, as a function of time for post-harvest processing. Averages followed by the same letter do not differ statistically from each other by the Scott-Knott test at 5% probability)

A acidez em frutas e hortaliças indica sabores ácidos ou azedos, sendo causada pela presença de ácidos orgânicos como o ácido cítrico, málico, tartárico e outros (Aroucha et al., 2010). O pH também pode ser considerado fator determinante para a multiplicação de micro-organismos comuns durante os períodos de acondicionamento no pós-colheita.

A concentração destes ácidos orgânicos no interior das células vegetais pode sofrer alterações em função dos processos que nelas ocorrem. No processo respiratório, ciclo dos ácidos tricarboxílicos ou ciclo de Krebs, que ocorre na matriz mitocondrial, os ácidos orgânicos são oxidados completamente em CO₂, acarretando, assim, diminuição nas concentrações desses ácidos no interior celular (Kerbaudy, 2017).

Por outro lado, em situações de baixa disponibilidade de oxigênio, ocorre paralisação da oxidação do citocromo, interrompendo a cadeia transportadora de elétron, crucial para produção de energia. Nesta situação, o fluxo de carbono é desviado no final da via glicolítica e o piruvato é reduzido pela enzima desidrogenase do lactato, produzindo lactato. Esta situação metabólica não pode ser mantida por longos períodos tendo em vista que o acúmulo de lactato leva à acidificação do citossol (Kerbaudy, 2017).

Nota-se, pelos resultados, que a porcentagem de acidez presente nos grãos de milho se manteve constante durante todos os períodos de processamento, indicando que, nas condições adotadas para esse trabalho, a atividade metabólica, seja pela respiração ou pela fermentação, apesar de os resultados de sólidos solúveis terem apresentado queda no decorrer de todos os processos, não foi suficiente para promover alterações na concentração dos ácidos orgânicos presentes na célula vegetal.

A manutenção do teor de sacarose no decorrer dos períodos de processamento colabora com a tese de que o tempo de acondicionamento das espigas e a forma como foram estocadas (empalhadas) neste trabalho proporcionaram a manutenção de sua qualidade, tendo sido consumidos apenas compostos solúveis da solução de sacarose.

3.4 Conclusão

Apesar de o rendimento industrial ter alcançado um pico às 12 h 40 m, ele não representou aumento na produtividade das espigas, dado que os valores do índice de preenchimento de embalagens se mantiveram constantes durante todo o intervalo de tempo, não tendo sido observadas diferenças para as características quantitativas.

Analisando as características qualitativas, foi observada redução nos teores de sólidos solúveis 16 horas de armazenamento após a colheita. Já para demais características - açúcares solúveis totais, açúcares redutores, porcentagem de umidade dos grãos e acidez titulável - o intervalo de tempo estudado não foi suficiente para possíveis alterações em seus teores.

3.5 Referências

- AROUCHA, EMM; GOIS, VA; LEITE, RHL; SANTOS, MCA; SOUZA, MS. 2010. Acidez em frutas e hortaliças. *Revista Verde*, 5(2):1-4 abril/junho 2010. Mossoró, RN.
- ÁVILA, MCR. 2017. *Seletividade inicial de mesotrione em diferentes modalidades de aplicação para a cultura do milho-doce*. Instituto Federal Goiano, Morrinhos. 51p. (Dissertação Mestrado).
- BRAZ, RF; GALVÃO, JCC; FINGER, FL; MIRANDA, GV; PUIATTI, M; ALMEIDA, AA. 2006. Perda de peso pós-colheita de espigas de milho-verde em função de diferentes formas de acondicionamento. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 5(1):139-144. Viçosa, MG.
- CHITARRA, MIF; CHITARRA, AB. 2005. Perdas pós-colheita. In: *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2.ed. Lavras: UFLA, cap. 3, p.151-202.
- DUBOIS, M; GILLES, KA; HAMILTON, JK; REBERS, PA; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, Washington, 28:350-356.
- ESTAÇÃO EVAPORIMÉTRICA, UFG. 2018. UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS/ESCOLA DE AGRONOMIA (UFG/EA). *Dados meteorológicos: Estação convencional da Escola de Agronomia*. Available at: <https://www.agro.ufg.br/p/7944-estacao-agrometeorologica>
- FERREIRA, DF. 2011. Programa Sisvar análises estatísticas. Lavras: UFLA – Departamento de Ciências Exatas, 66p.
- FRANÇOSO, ILT; COUTO, MAL; CANNIATTI-BRAZACA, SG; ARTHUR, V. 2008. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3):614-619. Campinas, SP.
- KERBAUY, GB. 2017. *Fisiologia Vegetal*. 2.ed. Cap.12, p.150-161, São Paulo, SP.
- KWIATKOWSKI, A; CLEMENTE, E. 2007. Caracterização do milho-doce (*Zea mays* L.) para industrialização. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 1(2):93-103. Ponta Grossa, PR.

- MAGGIO, AM. 2006. *Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por planta de milho-doce híbrido "Tropical"*. Instituto Agronômico. Campinas, SP. 55p. (Dissertação Mestrado).
- MAMEDE, AMGN; CHITARRA, AB; FONSECA, MJO; SOARES, AG; FERREIRA, JCS; LIMA, LCO. 2009. Conservação pós-colheita de espigas de milho- verde minimamente processado sob diferentes temperaturas. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(1):200-206. Lavras, MG.
- MORETTI, CL; HENZ, GP. 2002. Manuseio pós-colheita de milho-doce. In: PEREIRA FILHO, IA. (Ed.). *O cultivo do milho-verde*. Brasília: Embrapa, cap.12, p.195-204.
- NELSON, NA. 1944. Photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. *Journal Biological Chemistry*, 153:375-380,
- PARENTONI, SN; GAMA, EEG; MAGNAVACA, R; REIFSCHNEIDER, FB; BOAS, GLV. 1990. Milho-doce. *Inf. Agropec.*, Belo Horizonte, 14(165):17-22.
- PEREIRA FILHO, IA; TEIXEIRA, FF. (Ed.). 2016. *O cultivo do milho-doce*. Embrapa. Brasília, DF. p.284.
- XIAOLONG, S; YUNFEI, L. 2011. Quality control of fresh sweet corn in controlled freezing-point storage. *African Journal of Biotechnology*, vol. 10(65):14534-14542, October 24, 2011.
- ZÁRATE, NAH; VIEIRA, MC; SOUSA, TM; RAMOS, DD. 2009. Produção e renda líquida de milho-verde em função da época de amontoa. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, PR. 30(1):95-100, jan/mar. 2009.
- ZUCHARELI, C; PANOFF, B; PORTUGAL, G; FONSECA, ICB. 2012. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de milho- doce. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, PR. 34:480-487.