



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



Emile Manoele Armange

**PROCESSAMENTO E PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS, FÍSICO-QUÍMICOS,
MICROBIOLÓGICOS, SENSORIAIS E DE ROTULAGEM DO AÇÚCAR
MASCADO: REVISÃO DE LITERATURA**

ARARAS – 2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



**PROCESSAMENTO E PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS, FÍSICO-QUÍMICOS,
MICROBIOLÓGICOS, SENSORIAIS E DE ROTULAGEM DO AÇÚCAR
MASCADO: REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Curso de
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Prof^ª Dr^ª. Marta Regina-Verruma Bernardi

Araras – 2021

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço à Deus pelas infinitas bênçãos concedidas e, principalmente, pela oportunidade da vida e da evolução.

Entre tais bênçãos, agradeço à minha mãe por toda luta que enfrentou por nós duas, pelo total apoio em relação às minhas escolhas profissionais e, ainda, por ter me transmitido sua força e sua proatividade perante o mundo.

Agradeço à minha irmã Clara, por ter dado um novo sentido à minha vida com seu nascimento e por me inspirar a ser alguém melhor a cada dia, e ao meu irmão Léo, por ressignificar as minhas prioridades e trazer a leveza de ser criança em meio ao caos do viver.

Agradeço imensamente ao meu companheiro de vida, Victor, por acreditar no meu potencial mais do que eu mesma, por trilhar este caminho comigo, comemorando minhas vitórias como se fossem suas e segurando minha mão nas frustrações.

Agradeço ao meu pai, Marcos, por me apoiar no sonho de me formar em uma universidade pública e pelos inúmeros incentivos durante esta trajetória.

Meus agradecimentos ao meu avô Valdemar, meu pai duas vezes, e minha avó Ema, pelo amor no auxílio da minha criação; ao meu padrasto, Matheus, por todas as vezes que me ajudou durante a graduação e por todo esforço em cuidar da nossa família; e ao Guigo, por ser um exemplo de ser humano para mim.

Agradeço à minha professora orientadora, Marta, por ter me aconselhado em momentos de insegurança, por ter confiado à mim um projeto tão importante e pela paciência na construção deste trabalho. Deixo a minha admiração à todos professores e colaboradores da UFSCar por fazerem dela uma instituição referência.

Por fim, agradeço à minha alma gêmea acadêmica, Rebeca, pelo compartilhamento das nossas inúmeras inquietações, e aos meus amigos, Fabrício e Luiz, por todas nossas aventuras neste tempo. A graduação se tornou uma jornada mais leve com vocês.

RESUMO

A busca crescente por alimentos naturais e artesanais elevou o potencial de mercado do açúcar mascavo, contudo, a falta de padronização dos produtos comercializados impede que este alimento seja consolidado na visão do consumidor. Foram compilados neste trabalho dados existentes na literatura acerca das características e do processamento do açúcar mascavo, abrangendo as legislações vigentes para este produto e suas implicações no mercado. Através de revisão bibliográfica, os parâmetros contemplados foram umidade, atividade de água, composição química, polarização, açúcares redutores, pH, cinzas, contaminantes microbiológicos (coliformes totais, bactérias mesófilas, *Salmonella* spp. e bolores e leveduras), rotulagem, cor, granulometria, além dos aspectos sensoriais aroma e sabor. Os produtos de açúcar mascavo estudados apresentam significativa heterogeneidade em relação aos parâmetros avaliados, acarretando grande variação nos elementos visuais e influenciando na decisão de compra do consumidor. Diversos aspectos são responsáveis por interferir na qualidade do produto obtido, desde características e composição da matéria-prima utilizada, até técnicas aplicadas durante a fabricação do açúcar mascavo, sendo estabelecido relação entre estes fatores. As agroindústrias familiares e os produtores artesanais utilizam diferentes fluxogramas para o processamento deste produto, podendo algumas etapas não serem realizadas em determinadas unidades produtoras, o que pode refletir no produto final. Ainda, a escassez de legislações nacionais preconizando intervalos de tolerância para as características do açúcar mascavo intensificam o cenário de alta variação entre as marcas comercializadas, impedindo a consolidação do produto na perspectiva do consumidor. Foi identificado a insuficiência de protocolos específicos para análise do açúcar mascavo e a necessidade de novos estudos que validem valores de referência anteriormente sugeridos pela literatura. Do mesmo modo, pontua-se a urgência na elaboração novas legislações que atendam o açúcar mascavo, a fim de expandir o seu mercado consumidor, permitindo ao produtor manter-se no segmento.

Palavras-chave: umidade, polarização, açúcares redutores, contaminação microbiológica, análise sensorial.

ABSTRACT

The growing search for natural and artisanal foods raised the market potential of brown sugar. However, the lack of standardization of the products sold limits this food from being consolidated in the consumer's view. Data from the literature regarding the characteristics and processing of brown sugar were compiled in this work, even covering the current legislation for this product and its implications on the market. Through a literature review, the parameters considered were: humidity, water activity, chemical composition, polarization, reducing sugars, pH, ash, microbiological contaminants (total coliforms, mesophilic bacteria, *Salmonella* spp., molds and yeasts), labeling, color, granulometry, and also sensory aspects as aroma and flavor. The brown sugar products studied in the literature presented significant heterogeneity concerning the parameters evaluated, which could cause great variation in the visual elements and influence the consumer's purchase decision. Several aspects are responsible for interfering in the quality of the product obtained, from characteristics and composition of the raw material to techniques applied during the manufacture of brown sugar, including the literature establishing a relationship between these factors. Family agro-industries and artisanal producers use different flowcharts for processing this product but some steps may not be performed in specific production units, which reflect on the final product. The scarcity of national legislation recommending tolerance intervals for the characteristics of brown sugar intensify the scenario of high variation between the brands sold, limiting the consolidation of the product from the consumer's perspective. The insufficiency of specific protocols for brown sugar analysis and the demand for new studies to validate reference values previously suggested in the literature were identified. Besides, there is an urgent necessity to develop new legislation that meets the requirements for brown sugar and expand its consumer market, allowing the producer to remain in the segment.

Palavras-chave: humidity, polarization, reducing sugars, microbiological contamination, sensory analysis.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	11
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
5.1. CONCEITOS INICIAIS	12
5.2. ASPECTOS ECONÔMICOS E PRODUTIVOS.....	14
5.3. PROCESSAMENTO DO AÇÚCAR MASCADO	15
5.3.1. Matéria prima.....	16
5.3.2. Colheita	18
5.3.3. Transporte e descarregamento	18
5.3.4. Lavagem	19
5.3.5. Extração do caldo da cana-de-açúcar.....	20
5.3.6. Peneiramento e tratamento do caldo.....	20
5.3.7. Concentração e cristalização	21
5.3.8. Peneiragem e trituração.....	22
5.3.9. Empacotamento e armazenamento.....	22
5.4. CARACTERÍSTICAS DO AÇÚCAR MASCADO.....	22
5.4.1. Características químicas.....	23
5.4.1.1. Umidade e atividade de água.....	23
5.4.1.2. Composição nutricional	27
5.4.2. Características físico-químicas.....	33
5.4.2.1. Polarização	33
5.4.2.2. Açúcares redutores (AR) e Açúcares redutores Totais (ART).....	35
5.4.2.3. pH.....	38
5.4.2.4. Cinzas.....	40
5.4.3. Características físicas.....	43
5.4.3.1. Cor Instrumental	43
5.4.4. Características sensoriais	46
5.4.4.1. Cor	46
5.4.4.2. Granulometria	48
5.4.4.3. Aroma	49
5.4.4.3. Sabor	51

5.4.5. Características microbiológicas	52
5.4.5.1. Coliformes totais	52
5.4.5.2. Salmonela	55
5.4.5.3. Bactérias mesófilas	55
5.4.5.4. Bolores e leveduras	56
5.4.6. Rotulagem	57
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação de diferentes fluxogramas de produção observados pela literatura em agroindústrias familiares ou produção artesanal. Letras **A e B** - Fluxogramas observados por Nunes (2018), **Produção artesanal e letra C** – fluxogramas estudados por Orsolin (2002). Adaptado de Orsolin (2002) e Nunes (2018)..... 16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores recomendados pela legislação nacional para teor de umidade e dados encontrados na literatura acerca deste parâmetro em diferentes açúcares.....	26
Tabela 2. Valores encontrados na literatura em relação aos teores de minerais de diferentes tipos de açúcar: cálcio, potássio, fósforo, magnésio e manganês.	31
Tabela 3. Valores encontrados na literatura em relação aos teores de minerais de diferentes tipos de açúcar: sódio, ferro, chumbo e cádmio.....	32
Tabela 4. Valores recomendados pela legislação nacional para ‘Polarização’ e dados encontrados na literatura acerca deste parâmetro em diferentes açúcares.....	35
Tabela 5. Valores encontrados na literatura para o parâmetro ‘Açúcares Redutores’ em diferentes açúcares.	38
Tabela 6. Valores encontrados na literatura acerca do parâmetro ‘pH’ em diferentes açúcares.	40
Tabela 7. Valores recomendados pela legislação nacional para ‘teor de cinzas’ e dados encontrados na literatura acerca deste parâmetro em diferentes açúcares.....	42
Tabela 8. Valores recomendado por legislações nacionais e padrões internacionais para os parâmetros Coliformes à 45°C, Salmonella spp., Bactérias mesófilas e Bolores e leveduras; e dados encontrados na literatura acerca destes parâmetros no açúcar mascavo.....	54

1. INTRODUÇÃO

O Brasil configura-se como destaque na produção e exportação de *commodities* da cana-de-açúcar, isto é, açúcar e etanol combustível. Dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2020) apontam que, na temporada 2020/21, o país atingiu um total de 665 milhões de toneladas de cana-de-açúcar colhidas, designando o Brasil como maior produtor mundial. Para a mesma safra, as regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste aumentaram a destinação da matéria-prima para fabricação de açúcar, alcançando produção nacional de 42 milhões de toneladas, o que corresponde a um aumento de mais de 40% em relação à temporada anterior.

O potencial produtivo da cana e o papel fundamental de seus produtos tornam a cultura uma das mais relevantes atividades da agroindústria nacional. Além disso, ainda apresenta um elevado potencial para pequenas propriedades que podem beneficiar a matéria-prima de forma artesanal, agregando valor à sua produção agrícola, através de produtos derivados como o açúcar mascavo, a cachaça, a rapadura e o melado (JERONIMO et al., 2020).

Nos últimos anos, uma gradativa mudança dos hábitos alimentares de uma parcela da população brasileira pôde ser observada, com aumento da busca por alimentos mais artesanais e produzidos a partir de técnicas menos agressivas à saúde e ao meio ambiente (ARAÚJO et al., 2011). Assim, embora anteriormente as grandes usinas de açúcares especiais tenham contribuído para o quase desaparecimento das unidades produtoras de açúcares brutos, o interesse crescente por produtos naturais, que remontam da década de 80, gerou uma maior demanda pelo açúcar mascavo dado que predomina a fabricação artesanal para este produto (DURÁN et al., 2012; MINGUETTI, 2012).

Contudo, o açúcar mascavo ainda não é um produto consolidado no mercado, em partes pela ausência de padronização entre as marcas e lotes comercializados, o que acaba dificultando a sua inserção em determinados nichos de consumo. Para que haja o posicionamento do açúcar mascavo como mercadoria na visão do consumidor, assim aumentando a oportunidade de negócios, deve-se estabelecer um padrão específico de qualidade que deverá ser atendido no produto final (DURÁN et al., 2012). Jeronimo, Anjos e Landell (2016) apontaram que estes gargalos em relação à identidade, bem como a deficiência no controle da qualidade durante a produção, armazenamento e comercialização, se configuram em barreiras para o avanço destes produtos no mercado, tanto interno quanto externo.

O único parâmetro anteriormente preconizado pela legislação brasileira para o açúcar mascavo era a polarização, através da Resolução nº 12 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), de 1978. Entretanto, recentemente, a Resolução de Diretoria Colegiada RDC 271, de 22 de setembro de 2005, revogou a resolução anterior, não estabelecendo quaisquer exigências para este tipo de açúcar. Já no que tange a contaminação microbiológica, a RDC ANVISA/MS nº 12, de 02 de janeiro de 2001, apresenta os valores toleráveis para açúcar mascavo apenas em relação aos coliformes totais e *Salmonella* spp.

Diante da evidente ausência de padrão de qualidade para este produto, Andrade (2017) abordou a importância da elaboração de novas legislações. Segundo o autor, estas devem atender à realidade das agroindústrias familiares, principais responsáveis pela produção do açúcar mascavo, contribuindo também na estruturação de novas políticas públicas visando o fortalecimento da agricultura familiar.

Ademais, diferentes fluxogramas são possíveis para a fabricação do açúcar mascavo, fator que aliado à ausência de especificações técnicas exigidas, acarretam grande variação das características encontradas nos produtos comercializados, podendo eventualmente se apresentar como um risco à saúde do consumidor, à exemplo, através de contaminações microbiológicas e presença de metais pesados.

2. OBJETIVOS

Levantar dados existentes na literatura acerca das características do açúcar mascavo e seu processamento, bem como averiguar a ausência de padronização para este produto no mercado brasileiro.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a. Identificar as principais distinções inerentes às formas de processamento artesanal e industrial do açúcar mascavo, buscando elucidar seus reflexos no produto final.

b. Analisar a variação encontrada nos produtos comerciais de açúcar mascavo no que tange os parâmetros físicos, químicos, físico-químicos, microbiológicos, sensoriais e de rotulagem.

c. Averiguar a legislação brasileira existente para produtos comerciais de açúcar mascavo e suas implicações no mercado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido por meio de revisão sistemática da literatura acerca do tema proposto, cuja seleção do material se deu através de leitura exploratória. Posteriormente, a

coleta de dados proveniente do material selecionado foi executada pela leitura analítica, registrando-se as informações extraídas de forma ordenada com subsequente discussão dos resultados obtidos.

Devido à relativa escassez de obras na literatura quanto à temática proposta, foi necessário expandir as categorias utilizadas como fonte de consulta. Um total de 77 fontes bibliográficas foram efetivamente empregadas na elaboração do trabalho, sendo elas:

a) Artigos científicos obtidos através das plataformas SciELO, Google Acadêmico e Periódicos Capes, além de *websites* oficiais de revistas científicas. As publicações utilizadas foram publicadas no intervalo de 2001 à 2019.

b) Livros com as temáticas microbiologia dos alimentos, indústria sucroenergética e outros, em idiomas português e inglês, encontrados por mecanismo de pesquisa Google e plataforma Google Books, cujas publicações ocorreram entre os anos de 1998 e 2020.

c) Teses de doutorado, dissertações de mestrado e monografias de graduação, encontradas nos repositórios digitais das instituições de ensino responsáveis, com publicação entre 2002 e 2019. Destaca-se o Repositório Institucional da Universidade Federal de São Carlos (RI-UFSCar) que forneceu grande parte das fontes consultadas, demonstrando-se como instituição referência em pesquisas acerca de açúcar mascavo.

d) Demais materiais como cartilhas, manuais, apostilas, normativas e resoluções presentes na legislação brasileira, datados de 1978 à 2021.

Utilizou-se palavras-chave como cana-de-açúcar, açúcar mascavo, fabricação artesanal de açúcar, processamento industrial da cana-de-açúcar, polarização do açúcar, microbiologia dos alimentos, entre outros.

5. REVISÃO DA LITERATURA

5.1. Conceitos iniciais

A Instrução Normativa (IN) n° 47, de 30 de agosto de 2018, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), define o açúcar como "o produto obtido a partir da cana-de-açúcar pertencente às cultivares provenientes da espécie *Saccharum officinarum* L. através de processos adequados", sendo constituído de cristais, com exceção do açúcar líquido (BRASIL, 2018). Já a RDC n° 271, de 22 de setembro de 2005, descreve o açúcar como a sacarose obtida a partir de cana-de-açúcar ou de beterraba, em que são também 'considerados açúcares os monossacarídeos e demais dissacarídeos, podendo se apresentar em diversas granulometrias e formas de apresentação' (BRASIL, 2005).

De acordo com Lopes (2011), o principal papel dos açúcares, de modo geral, é nutricional. Contudo, também são adicionados aos alimentos para conferirem sabor doce, para exercerem papel de agentes de escurecimento em reações ou, ainda, para alterarem a textura dos alimentos, atuando como agentes formadores de gomas. Podem ser classificados em diferentes tipos em função das suas características próprias. Estas decorrem tanto das diferenças existentes em seus processamentos quanto em suas composições químicas, estabelecendo as classes mais comuns: refinado, cristal, demerara, VHP, VVHP e mascavo (SILVA, 2017a).

Vieira (2007) classificou o açúcar refinado nas formas granulado e amorfo. A primeira consiste em um produto puro, sem adição de corantes e sem umidade, cujos cristais são bastante definidos e uniformes, sendo comumente utilizado na indústria farmacêutica e alimentícia, quando há exigência de transparência, escoamento rápido e solubilidade. Já na segunda classe, o açúcar refinado amorfo, os aspectos característicos são baixa coloração, alta brancura e grãos finos de dissolução rápida, sendo utilizado geralmente para consumo doméstico, em bolos, confeitos e caldas.

Quanto ao açúcar tipo cristal, embora não passe por processo de refinamento, este é submetido às etapas de clarificação e sulfitação, sendo destinado frequentemente à indústria alimentícia na confecção de doces, confeitos e bebidas. Por sua vez, no açúcar demerara, o processo de clarificação empregado é menos eficiente do que o utilizado para o açúcar cristal branco. Assim, os cristais ainda apresentam traços de melaço e de mel provenientes da cana-de-açúcar, apresentando coloração mais escura e textura firme (MACHADO, 2012; MANTELATTO, 2005; MESSA; NESPOLO, 2017).

Outras formas de açúcar usualmente observadas são os chamados ‘*Very high polarization – (VHP)*’ e ‘*Very very high polarization – (VVHP)*’, isto é, açúcares brutos de alta polarização, muito exportados pelo Brasil, atuando como matéria-prima para outros processos. Neste caso, a fabricação possui processos mínimos, em que a massa é cozida, lavada e reduzida em centrífuga (VIEIRA, 2007).

Por fim, de maior interesse a este estudo, no que tange o açúcar mascavo, o processo de fabricação não abrange as etapas de branqueamento, cristalização e refinamento, o que gera um produto úmido, de coloração marrom e sabor forte, semelhante à rapadura, sendo correntemente utilizado para produção de bolos, granolas e produtos integrais (MACHADO, 2012; MESSA E NESPOLO, 2017).

Delgado e Delgado (1999) explicaram que duas formas de açúcar mascavo são comumente produzidas: o tipo granulado ou batido, também chamado amorfo, e o tipo

cristalizado, similar ao demerara. De acordo com os autores, a composição final do mascavo amorfo se assemelha muito ao caldo de cana-de-açúcar, sem cristais de sacarose definidos e sem grânulos de açúcar, podendo apresentar desde tonalidades claras e douradas até tonalidades escuras.

5.2. Aspectos econômicos e produtivos

Dados da FAO (2021) indicaram que a produção global de cana-de-açúcar em 2019, atingiu 19,4 bilhões de toneladas, distribuídas em uma área de 26 milhões de hectares, em que o Brasil aparece como o maior produtor do mundo. No âmbito nacional, estimativas da CONAB (2020) apontaram que, na temporada 2020/21, a colheita total de cana-de-açúcar alcançou mais de 665 milhões de toneladas no Brasil, o que representou um aumento de 3,5% na produção em relação à temporada anterior. Deste montante, cerca de 436 milhões de toneladas foram produzidas no Sudeste, principal região produtora do país, destacando-se os estados de São Paulo e Minas Gerais (CONAB, 2020).

Ainda segundo a companhia, na temporada 2020/21, foi estimado que a produção de açúcar tenha atingido quase 42 milhões de toneladas, o que corresponde a acréscimos de mais de 40% em relação ao exercício passado. Nesse contexto, as regiões Centro-Sul e Norte/Nordeste aumentaram a destinação da matéria-prima para produção de açúcar, atingindo 46,1% para a primeira e 47,4% para a segunda, respectivamente. Destacam-se na produção de açúcar os estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Paraná e Alagoas. As estimativas apontaram que São Paulo produziu em torno de 26 milhões de toneladas de açúcar, seguido pelo estado de Minas Gerais com 4,7 milhões de toneladas.

A cadeia produtiva sucroalcooleira apresenta diversidade quanto às estruturas produtivas de grandes e pequenas empresas, bem como de produtos e subprodutos destinados ao mercado e outras atividades industriais. O setor se subdivide em dois grupos, em que o primeiro é voltado para a produção de açúcar e álcool, predominando grandes e médias empresas com maior estrutura financeira e organizacional, enquanto o segundo se refere à pequena produção, que muitas vezes é artesanal, fabricando produtos como melaço, rapadura, aguardente e açúcar mascavo (BUARQUE et al., 2008).

De acordo com levantamento de Orsolin (2002), de modo geral, a produção de açúcar mascavo ocorre em dois diferentes sistemas: em agroindústrias familiares e por produtores rurais em seus estabelecimentos. No primeiro, conta-se com certa infraestrutura produtiva, sendo comumente legalizada; já no segundo, a produção ocorre informalmente, sem adequada estrutura de produção e baseada na experiência herdada entre as gerações da família. Neste

último caso, a produção é destinada para autoconsumo e apenas o excedente é destinado à comercialização.

5.3. Processamento do açúcar mascavo

Como descrito por Minguetti (2012), a forma moderna de produção do açúcar é resultado do aperfeiçoamento de métodos antigos, sobretudo no que tange a tecnologia e os equipamentos utilizados. Entretanto, especificamente para o açúcar mascavo, as técnicas produtivas dos pequenos engenhos ainda permanecem quase as mesmas de antigamente, havendo hoje apenas maior disponibilidade de energia e equipamentos.

O autor apontou que instalações simples contam com equipamentos como moendas movidas a motor elétrico, diesel ou tração animal, tachos de cobre ou de ferro, cochos de madeira para bateção da massa, escumadeiras, peneiras e semelhantes. Enquanto isso, nas instalações de melhor infraestrutura, pode haver ainda equipamentos que otimizam a fabricação como mesa lateral e guincho de descarga de cana, esteira condutora, picador, mais de uma moenda movidas a motor elétrico ou vapor, caldeiras, aquecedores, evaporadores e decantadores.

Orsolin (2002) construiu fluxogramas de produção comumente observados em agroindústrias familiares e por produtores artesanais na elaboração do açúcar mascavo, elucidando a diferença das etapas exercidas em cada um dos sistemas, conforme visto na **Figura 1**, no fluxograma de produção artesanal e fluxograma C. De modo similar, Nunes (2018) acompanhando duas agroindústrias familiares de Santo Antônio da Patrulha - RS, mapeou ambos os fluxogramas (**Figura 1**, letras A e B) de produção encontrando disparidades nos procedimentos aplicados durante a fabricação do açúcar mascavo.

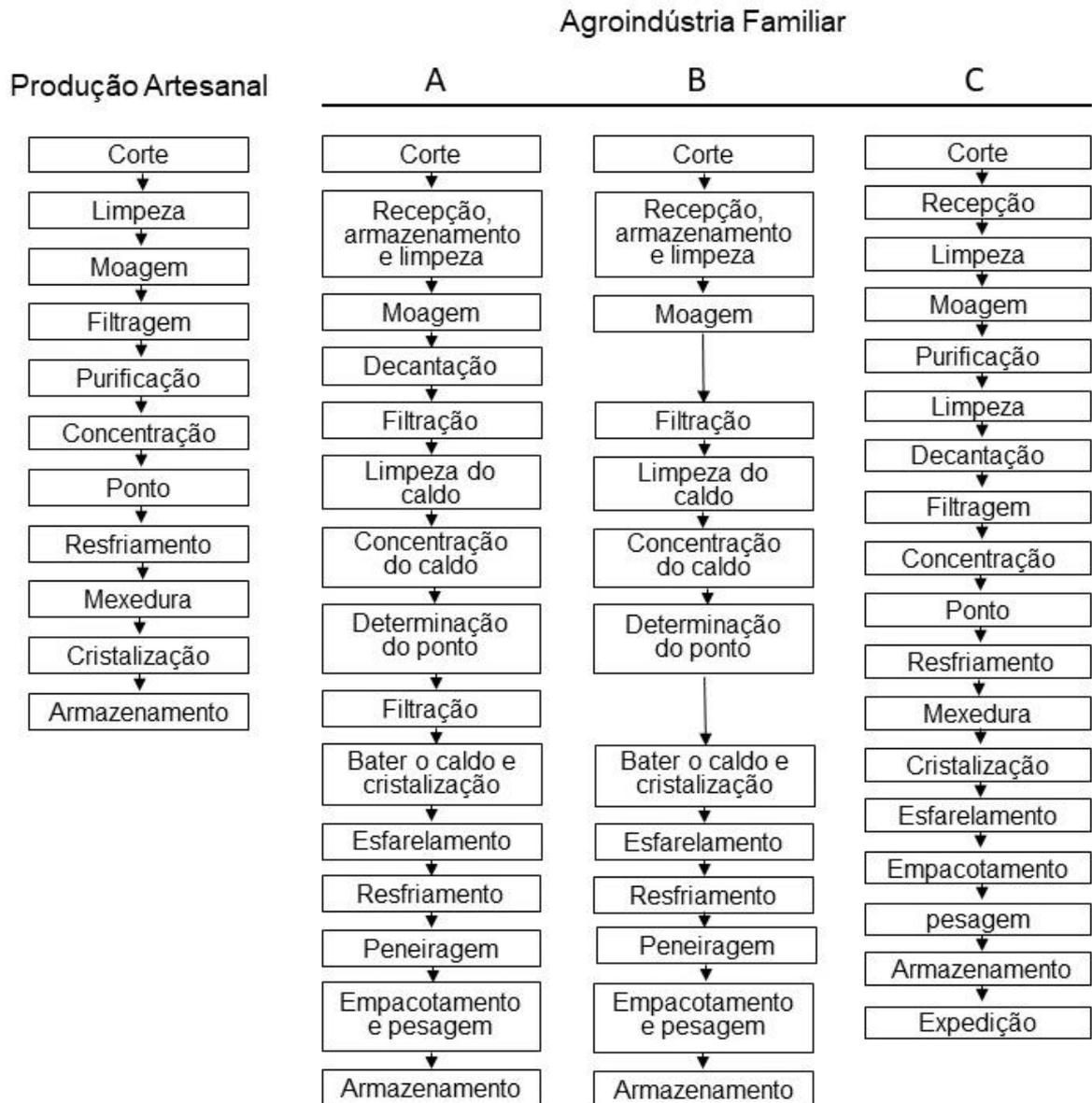


Figura 1. Representação de diferentes fluxogramas de produção observados pela literatura em agroindústrias familiares ou produção artesanal. Letras **A e B** - Fluxogramas observados por Nunes (2018), **Produção artesanal e letra C** - fluxogramas estudados por Orsolin (2002). *Adaptado de Orsolin (2002) e Nunes (2018)*

5.3.1. Matéria-prima

Chaves, Fernandes e Silva (2003) sintetizaram que para a escolha da matéria-prima, diversos fatores devem ser considerados, entre eles, a escolha de variedades de cana-de-açúcar precoces, intermediárias e tardias, a fim de se estender o período de produção e obter material de qualidade, com alto teor de sacarose. Segundo os autores, tais variedades devem ser obtidas em fontes confiáveis como os institutos de pesquisa, atentando-se para a adaptação da cultivar ao clima da região. Ademais, na produção artesanal, optar por uma variedade de

fácil despalha é importante, dado a majoritária colheita manual neste sistema, além de variedades com baixo teor de fibras.

O solo em que a cana-de-açúcar é cultivada também deve ser considerado, visto que é capaz de influenciar no processamento do açúcar mascavo. Isso porque solos bastante úmidos, de baixada, irrigados, argilosos ou com muita matéria orgânica demonstram tendência a atrasarem a maturação da cana, bem como gerarem materiais com menores teores de açúcar (DELGADO; DELGADO, 1999).

Ainda, Jeronimo et al. (2020) apontaram que, para uma boa qualidade na produção de derivados da cana-de-açúcar, deve-se evitar a utilização de matéria-prima com brotações laterais, afetadas por brocas ou que apresentem ponta e palmito secos e murchos. Aspectos como canas verdes, passadas ou queimadas significam altos teores de açúcares redutores (AR), fator que impacta na cristalização do produto, além de acarretarem coloração escura e menor rendimento, conforme será exposto posteriormente.

Elementos importantes a serem considerados para evitar elevados níveis de AR são realizar o desponte, dado que a presença dos mesmos é maior no ponteiro, e executar a colheita quando a cana-de-açúcar estiver no pico de maturação, de modo a apresentar teor máximo de sacarose e mínimo de AR (CHAVES; FERNANDES; SILVA, 2003; JERONIMO et al., 2020).

Conforme exposto anteriormente, a determinação do ponto de maturação da cana é aspecto fundamental para que o produtor tenha o melhor aproveitamento dessa matéria-prima. Em termos práticos, essa estimativa é feita com base no aspecto e na idade do canavial, observando-se o desenvolvimento dos colmos, os colmos descobertos e as folhas secas, amarelas e caídas. Entretanto, informações mais precisas podem ser encontradas por meio da leitura do teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), utilizando-se refratômetro, sendo a cana considerada madura quando atingir o valor mínimo de 18° Brix (JERONIMO et al., 2020; OLIVEIRA, 2013).

Orsolin (2002) afirmou que, no processo de produção artesanal, não é comum a utilização de metodologias de controle do ponto de maturação, sendo essa decisão tomada de acordo com a experiência do produtor. Produtores do Rio Grande do Sul entrevistados em trabalho de Nunes (2018) afirmaram que utilizam a cana-de-açúcar bem madura e praticamente inteira, retirando apenas os ponteiros. Segundo eles, determinar a maturação da matéria-prima ocorre com base na experiência, no sabor do caldo e na textura da folha.

5.3.2. Colheita

Nas usinas a colheita da cana de açúcar é uma etapa altamente complexa, uma vez que deve prezar pela qualidade da matéria-prima, bem como pela eficiência industrial no que tange a demanda da usina. Este processo pode ser executado manual ou mecanicamente, havendo, de acordo com Junqueira e Morabito (2019), uma tendência crescente para a segunda técnica.

No método manual, o corte é realizado de forma braçal com auxílio de ferramenta adequada, carregando-se, posteriormente, a cana inteira até os meios de transporte. Neste caso, devido a onerosidade da despalha, a queima prévia da palhada era uma prática frequente que objetivava facilitar a colheita. Entretanto, a implementação de leis Federal e Estadual (em São Paulo) estabeleceram prazos para o fim progressivo da queima, gerando um cenário de intensa mecanização (CONAB, 2020).

Orsolin (2002) elucidou que nos sistemas artesanais de produção, geralmente, a cana-de-açúcar ainda é cortada e despalhada manualmente no canavial. Entretanto, dados mais recentes coletados por levantamento da CONAB (2020), apontam estimativas de que o corte manual da cana-de-açúcar no Brasil tenha atingido apenas 11,6% na safra 2019/20. Em contraste, um percentual muito elevado foi identificado na região Norte/Nordeste, em percentual de 77%, local onde o relevo é mais acidentado e onde há maior disponibilidade de mão-de-obra.

Na colheita mecanizada realizada em grandes usinas, têm-se as chamadas “frentes” de colheita - termo que designa a equipe operadora de máquinas e as equipes de abastecimento e manutenção. As frentes operam paralelamente, distribuídas em diferentes unidades, o que permite atender ao plano de produção da indústria (JUNQUEIRA; MORABITO, 2019). Lamsal et al. (2017) explicaram que a primeira operação é o corte através de colheitadeiras, que pode ser realizado na forma de cana inteira ou picada em pequenos toletes, sendo conduzidas em seguida para os veículos de transporte às usinas.

5.3.3. Transporte e descarregamento

O transporte da cana-de-açúcar da área de produção até as usinas e destilarias é feito majoritariamente por meio rodoviário, através de caminhões que transportam a cana inteira ou em toletes. Estes veículos são pesados na entrada e saída da indústria pois a diferença entre as duas medidas proporciona o peso líquido da carga, importante valor para se conhecer a produção agrícola e calcular o rendimento industrial. Ademais, o sorteio de alguns desses

veículos é realizado a fim de que a carga seja analisada quanto ao teor de pureza da sacarose, parâmetro para pagamento da cana (LOPES, 2011)

Após a pesagem, a cana é descarregada em sistemas receptores que as encaminham para o processamento imediato ou para composição do estoque da indústria. Isso porque, durante a safra, as usinas realizam o processamento durante 24h por dia, sendo necessário o armazenamento da matéria-prima para a jornada noturna, dado que o transporte é operado somente durante o dia (LIMA; MARCONDES, 2002).

Em contrapartida, no sistema de produção artesanal, o estabelecimento não tem a fabricação do açúcar mascavo como finalidade de negócio e, portanto, é realizada durante a entressafra de outras culturas ou em períodos de inverno quando há maior disponibilidade de tempo pela família agricultora. Nestes sistemas e nas agroindústrias familiares, a matéria-prima é transportada através de veículos de tração animal, isto é, carroças, ou de tração motora, como tratores e caminhões (ORSOLIN, 2002).

5.3.4. Lavagem

A matéria-prima, independente do seu método de colheita, está suscetível a chegar à indústria acompanhada de inúmeras impurezas como a palha, terra e outros detritos, tornando frequentemente necessária a lavagem da cana-de-açúcar, de forma a suprir os requisitos de qualidade do produto final. Assim, antes de ser encaminhada para a moagem, é preferível que a cana esteja livre de sujidades pois estas não somente reduzem o desempenho do engenho em virtude da alta quantidade de fibras, como também sobrecarregam a etapa de decantação e filtração do lodo, causam abrasão nos equipamentos da usina e são fontes de contaminação do caldo (CHAVES; FERNANDES; SILVA, 2003; ELIA NETO, 2009).

Dessa forma, a cana que chega inteira à indústria é submetida à lavagem já na mesa alimentadora através de jatos de água aplicados sob pressão por meio de aspersores dispostos verticalmente. A cana picada, por sua vez, não passa pelo mesmo processo pois isso acarretaria elevada perda da sacarose. Neste caso, a indústria já vem adotando a limpeza a seco dos toletes, através de insuflação de ar em alta velocidade o que provoca o arraste das impurezas (LOPES, 2011)

Em relação às pequenas instalações de produção artesanal, Carvalho (2007) apontou que, geralmente, não há condições apropriadas para a lavagem da cana-de-açúcar, ressaltando-se a importância de utilizar variedades que apresentem facilidade na despalha, uma vez que o excesso de palha na cana provoca o aumento das impurezas do caldo, afetando sua qualidade.

5.3.5. Extração do caldo da cana-de-açúcar

Segundo Leite et al. (2009), na indústria, a matéria-prima é transferida para o equipamento de preparo, composto de um ou mais conjuntos de facas rotativas e desfibrador. Enquanto o primeiro tem a função de picar a cana que chega inteira e nivelar a camada deste material presente na esteira, o segundo realizará a abertura das células da cana, possibilitando a saída da sacarose de forma mais eficiente durante a extração.

Nas usinas brasileiras, a extração do caldo é predominantemente feita através da moagem, embora se observe também o uso de difusores nesta etapa. As moendas são unidades esmagadoras compostas por um conjunto de cilindros mais conhecidos como ternos de moenda, que são encontrados normalmente em série em um total de quatro a sete ternos, sendo o primeiro responsável pela maior parte da extração do caldo. Os cilindros são providos de diferentes tipos de ranhuras com o objetivo de aumentar a superfície de contato com o material (LIMA; MARCONDES, 2002).

A passagem pela moenda pode ser realizada por até seis vezes de forma contínua, entretanto, após o primeiro esmagamento a proporção de caldo extraída diminuirá substancialmente, motivo pelo qual adota-se a prática denominada embebição, isto é, a adição de água ao bagaço visando a diluição do caldo restante no mesmo, aumentando o rendimento da extração (ZACURA-FILHO E PICCIRILLI, 2012). Em contraste, segundo Jeronimo et al. (2020), as pequenas e médias unidades produtivas de açúcar mascavo, geralmente, utilizam moendas de um único terno em que o rendimento não ultrapassa 60%.

5.3.6. Peneiramento e tratamento do caldo

Ao sair da moenda o caldo pode apresentar uma série de impurezas solubilizadas e/ou em suspensão, sendo assim, deve ser submetido à etapa de tratamento, constituída de duas fases. Na primeira, a operação mais realizada é o peneiramento visando separar o material grosseiro como terra, areia e bagacilho do caldo através de passagens em peneiras de diferentes tamanhos de malha (LIMA; MARCONDES, 2002). Na segunda fase, de tratamento químico, objetiva-se a eliminação de impurezas solubilizadas e de fragmentos em suspensão que não foram removidas na primeira fase, através da coagulação, floculação e precipitação destes elementos. Além disso, outros fatores também são buscados como a correção do pH, o que evita a inversão e decomposição da sacarose posteriormente (LEITE et al., 2009)

Neste viés, em uma usina cujo objetivo é a produção de açúcar branco ou cristal, é frequentemente realizado o tratamento inicial de sulfitação, definido pela adição de sulfito ao caldo, visando reduzir o pH, evitar a formação de cor, eliminar microrganismos, diminuir a

viscosidade do fluido e formar precipitados que auxiliam na posterior etapa de decantação (LOPES, 2011). Na fabricação do açúcar cru ou demerara, os agentes cal e calor são, de forma geral, os únicos utilizados para eliminação das impurezas contidas no caldo, não apresentando a etapa de sulfitação (CASTRO; ANDRADE, 2007).

Segundo Mateus (2014), na produção de açúcar mascavo, rapadura e melado em pequenos e médios estabelecimentos, o caldo que sai da moenda é submetido ao peneiramento com subsequente decantação, seguindo para o tacho concentrador. Neste recipiente, antes da fervura e concentração do caldo, ocorrerá a retirada das impurezas em forma de espuma com o auxílio de escumadeiras. Neste momento, é comum a utilização do leite de cal que provocará a floculação das sujidades, facilitando a limpeza.

O processo de acréscimo do agente clarificante “leite de cal” é conhecido como caleação e tem como finalidades o aumento do pH, a eliminação de não açúcares, baixa turbidez, reduzir a formação de cor e obter um volume mínimo de lodo (CASTRO; ANDRADE, 2007). Chaves, Fernandes e Silva (2003) apontaram que, na pequena indústria, a correção do pH é um processo difícil de ser executado, tanto pela falta de conhecimento técnico e instrumentos apropriados, quanto pela alta variação da acidez do caldo e da concentração de leite de cal utilizada para sua correção.

5.3.7. Concentração e cristalização

A evaporação é um processo que consiste na retirada de fração dos componentes voláteis de uma solução, tornando-a mais concentrada. No caso do caldo de cana, esta operação busca aumentar a concentração dos sólidos presentes se aproximando, ao máximo, do ponto de cristalização da sacarose que, na prática, está entre 60 a 70 °Brix, quando o caldo passa a ser chamado de xarope. Mediante isso, o xarope chega à etapa de cozimento em um equipamento (cozedor ou tacho a vácuo) que eleva a sua concentração até o valor desejado (LOPES, 2011).

Conforme Jeronimo et al. (2020), nos pequenos estabelecimentos a instalação mais comum é aquela que utiliza tachos abertos na concentração do caldo. Estes recipientes podem ser feitos de inox, alumínio, cobre ou ferro galvanizado e o aquecimento é feito através de fogo direto ou a vapor, podendo levar ao processo de caramelização, o que provoca o escurecimento do produto final.

De acordo com Lopes (2011), nas usinas que produzem açúcar, o xarope é concentrado até atingir 78 a 80°Brix, momento em que recebe microcristais de sacarose denominados sementes. Estes atuam como ponto de partida, uma vez que há deposição de

mais sacarose nos cristais preexistentes, fazendo-os crescer até atingir o tamanho desejado. Feito isso, obtém-se um produto de suspensão de cristais de açúcar em mel que deverá passar pela operação de centrifugação para que sejam separados.

No que tange a cristalização do açúcar mascavo nos pequenos estabelecimentos, o ponto de concentração é de 92 a 93°Brix, que pode ser verificado a partir da imersão de uma pequena quantidade da massa quente em vasilha com água fria. Diz-se que está no ponto se a massa se tornar vítrea e quebradiça. Diante disso, o fundo do tacho é aberto para que a massa caia no batedor, recipiente onde o xarope será mexido intensamente de forma a ser resfriado e cristalizado, transformando-se em açúcar (JERONIMO et al., 2020; MATEUS, 2014)

5.3.8. Peneiragem e trituração

Nas agroindústrias familiares é comum que a etapa de “esfarelamento” esteja presente no fluxograma de produção. Isso porque, após o resfriamento, mexedura e cristalização, a granulação do açúcar mascavo não ocorre uniformemente, havendo cristais de diferentes tamanhos na composição. Logo, ele é direcionado à peneiragem manual ou mecânica e os grânulos restantes podem passar por trituração em cilindro manual (LIMA, 2005; MATEUS, 2014; ORSOLIN, 2002).

5.3.9 Empacotamento e armazenamento

Nos sistemas de produção artesanal, o açúcar mascavo obtido é usualmente armazenado nas chamadas “bombonas” ou “baldões” plásticos ou, ainda, em sacos de algodão, atentando-se para a alocação em ambientes secos. Nestes casos, busca-se pela rápida comercialização do produto, em vista da dificuldade de armazenamento (ORSOLIN, 2002).

Já na agroindústria familiar, o açúcar mascavo passa por pesagem com posterior empacotamento em sacos de polipropileno, sendo comumente alocados em embalagens de 60 Kg para comercialização, embora também possam ser embalados em pacotes de 200g a 1Kg para distribuição direta no mercado varejista (CHAVES, FERNANDES E SILVA 2003; JERONIMO et al., 2020). Segundo os autores, após embalados, estes produtos devem ser armazenados em locais secos, com boa ventilação, limpos e livre de odores.

5.4. Características do açúcar mascavo

Em relação à qualidade do açúcar produzido, as características físico-químicas mais relacionadas são teor de sacarose ou polarização, índice de cor, teor de umidade, teor de cinzas, presença de dextrana em decorrência de contaminação microbiológica, teor de ferro e teor de dióxido de enxofre, sendo este último para o caso de açúcares que utilizam o processo

de sulfitação (MACHADO, 2012). Tais características podem impactar as propriedades sensoriais do açúcar como aspecto, cor, sabor e odor. Por exemplo, teores inadequados de enxofre ou de ferro podem acarretar mudanças no sabor e odor do produto final, bem como altos teores de cinzas tendem a conferir sabor amargo ou salgado aos derivados de cana-de-açúcar (MACHADO, 2012; MINGUETTI, 2012). Jambassi (2017) destacou os itens cor, polarização, percentual de açúcares redutores e teor de umidade como principais pois são precursores de reações químicas que podem resultar em perda de qualidade do produto e consequente redução de seu tempo de prateleira.

5.4.1. Características químicas

5.4.1.1. Umidade e atividade de água

Segundo Cecchi (2007), a umidade, ou teor de água, é um dos fatores mais importantes a serem determinados na análise de um alimento pois está relacionada com a sua qualidade e estabilidade, além de estar diretamente associada a etapas como processamento, embalagem e armazenamento.

A alta umidade pode resultar na transformação da sacarose nos monossacarídeos glicose e frutose, na dissolução dos cristais, fazendo com que o açúcar adquira aspecto de melado, em reações de degradação enzimática ou microbiana, além do empedramento do produto, acarretando a redução do seu tempo de prateleira (GENEROSO et al., 2009; GUERRA; MUJICA, 2010).

Á água contida nos alimentos pode ocorrer de duas formas: i) água ligada, quando está em contato com solutos ou outros constituintes, de forma não disponível para o crescimento microbiano e; ii) água livre, aquela que apresenta as propriedades da água pura, permitindo reações enzimáticas e crescimento de microrganismos. A esta última designou-se o termo atividade de água que, quando determinada, constitui bom indicador para velocidade de deterioração de um produto, podendo variar entre valores de zero e um, cujo valor máximo equivale à água pura. Os diferentes microrganismos apresentarão variadas faixas ótimas para multiplicação, em que as bactérias, geralmente, irão requerer atividade de água mais elevada do que os fungos (FRANCO, 2008a; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Conforme elucidado pela International Commission on Microbiological Specifications for Foods – ICMSF (2015), os açúcares não são comumente relacionados a problemas de segurança alimentar uma vez que sua atividade de água é naturalmente baixa, entretanto, esta deve ser mantida em valores inferiores a 0,65 a fim de impedir a multiplicação dos microrganismos deteriorantes deste produto.

Quanto à umidade, embora a legislação vigente não determine valores de referência, Verruma-Bernardi et al. (2007) recomendaram valores inferiores à 2,4%, com o intuito de se manter a estabilidade do produto, enquanto Delgado e Delgado (1999) indicaram teores de umidade em torno de 1,0 a 1,5% visando conservação do açúcar mascavo. Contudo, em pequenos engenhos, este parâmetro é encontrado em valores bem superiores ao recomendado, em cerca de 8,0% (VERRUMA-BERNARDI et al., 2007).

No estudo de Generoso et al. (2009), 31 amostras de marcas comerciais de açúcar mascavo foram avaliadas quanto à sua umidade, detectando-se valores que variaram entre 2,13 e 6,02%. Do mesmo modo, Verruma-Bernardi et al. (2007) obtiveram dados de umidade na faixa de 1,35 a 4,44% para nove marcas comerciais analisadas, enquanto Araújo et al. (2011), avaliando a qualidade de dez amostras de açúcar mascavo oriundas de produção em assentamento de reforma agrária, encontraram valores de umidade que variaram entre 1,1 e 3,7%.

Jesus (2010), avaliando 49 amostras, coletadas de diferentes lotes de dez marcas comerciais de açúcar mascavo, verificou teores de umidade variando de 1,94 a 3,63%. Similarmente, Silva et al. (2018) observaram parâmetros físico-químicos de 15 amostras de marcas comercializadas em supermercados e lojas da região de Araras – SP, obtendo teores de umidade que variaram entre 0,68% e 4,36%. Os autores também mensuraram o parâmetro atividade de água das amostras, determinando valores de 0,55 a 0,72, sendo 4 delas superiores ao recomendado pela ICMSF (2015).

Parazzi et al. (2009) examinaram amostras de açúcares, entre eles o mascavo, oriundas de diferentes produtores, durante três anos consecutivos. As 12 amostras de açúcar mascavo coletadas no primeiro ano apontaram porcentagem média de 3,66% de umidade. Por sua vez, as 11 amostras obtidas no segundo ano, resultaram em umidade média de 2,9%, enquanto as duas amostras obtidas no terceiro ano, indicaram valores médios de umidade de 2,13%. Os autores ressaltaram a redução da umidade nas amostras do primeiro ao terceiro ano de coleta como indicativo de otimização das técnicas de produção, como resultado da exigência crescente dos consumidores pela qualidade do produto.

A influência dos fatores produtivos na qualidade do açúcar mascavo obtido já foi relatada por Andrade, Medeiros e Borges (2018) que analisaram a interação entre caldos com diferentes concentrações iniciais de sólidos solúveis utilizados como matéria-prima, aliado à adição de açúcar VHP no processamento do açúcar mascavo, com e sem correção do pH. Os resultados obtidos demonstraram que, em todos os casos, tanto a adição do açúcar VHP, quanto a correção do pH durante a fabricação do açúcar, geraram menores teores de umidade

no produto final. Segundo os autores, o pH próximo da neutralidade e a alta concentração de açúcar inicial causada pela adição de VHP (diminuindo o tempo de evaporação do caldo), desfavorecem a inversão da sacarose, isto é, a hidrólise da sacarose em frutose e glicose, açúcares redutores higroscópicos que acarretam uma maior retenção de água.

Minguetti (2012) testou diferentes sistemas de produção no cultivo da cana-de-açúcar e sua influência na produção do açúcar mascavo. O autor constatou teores médios de umidade na faixa de 4,6 até 6,83% sendo respectivamente, o tratamento testemunha e o tratamento SCAQ (matéria-prima produzida em sistema convencional sem calcário e com adubo químico).

Em contrapartida, Rós (2019) não estabeleceu influência das formas de cultivos analisadas com a qualidade do produto obtido ao analisar amostras de açúcar mascavo produzidos a partir de dois diferentes sistemas produtivos, orgânico e convencional. Os percentuais de umidade encontrados no estudo se concentraram entre os valores 0,80 e 3,24% e entre 1,03 e 3,23%, respectivamente.

Bettani et al. (2014) avaliaram parâmetros físico-químicos de oito amostras de diferentes tipos de açúcar: cristal orgânico, cristal convencional, demerara orgânico, mascavo orgânico e refinado especial convencional. Em relação à umidade, averiguaram o percentual de 2,90% para o açúcar mascavo, significativamente maior que o encontrado para as amostras de açúcar cristal, as quais atingiram valores de até 0,02%. De modo similar, Silva (2017a) analisou 87 amostras de açúcar comercializados em diferentes estados do Brasil, entre elas, 28 amostras de açúcar mascavo e 25 amostras de açúcar cristal. Foram constatados teores médios de umidade de 2,3% para o açúcar tipo mascavo, em contraste com 0,04% para o açúcar cristal.

Araújo (2011) explicou que se, durante a fabricação, o sistema de evaporação estiver inadequado, a correção do caldo for imprecisa e/ou as peneiras e dutos de ventilação não retirarem a umidade adequadamente para o empacotamento, o açúcar obtido tenderá a apresentar maior umidade e conseqüentemente, maior risco de contaminações.

Para Jaffé (2015), esta ampla variação entre os resultados encontrados na literatura (**Tabela 1**), pode ser justificada como reflexo dos diferentes fatores agrônômicos em que se deu o cultivo da matéria-prima, a variedade de cana-de-açúcar utilizada e, por fim, das variadas condições do processamento que, comumente, é artesanal.

Tabela 1. Valores recomendados pela legislação nacional para teor de umidade e dados encontrados na literatura acerca deste parâmetro em diferentes açúcares.

Tipo de açúcar	Am. ¹	Umidade (%)		Referência
		Mín. ¹	Máx. ²	
Refinado amorfo de 1 ^a			0,3	Resolução CNNPA n° 12 – revogada (citada em EMBRAPA, 2021)
Refinado amorfo de 2 ^a	-	-	0,4	
Refinado granulado	-	-	0,04	
Refinado granulado	-	-	0,05	IN n° 47, de 30 de agosto de 2018 (BRASIL, 2018)
Refinado	-	-	0,30	
Cristal	-	-	0,10	
Demerara	-	-	1,2	
VHP	-	-	0,25	
VVHP	-	-	0,15	
Refinado especial	1	0,22	-	Bettani et al. (2014)
Cristal	3	0,01	0,02	
Demerara	3	0,01	0,13	
Mascavo	1	2,90	-	
Refinado	22	0,24	-	Silva (2017a)
Cristal	25	0,04	-	
Demerara	12	0,21	-	
Mascavo	28	2,30	-	
Mascavo	31	2,13	6,02	Generoso et al. (2009)
Mascavo	9	1,35	4,44	Verruma-Bernardi et al. (2007)
Mascavo	10	1,1	3,7	Araújo et al. (2011)
Mascavo	49	1,94	3,63	Jesus (2010)
Mascavo	15	0,68	4,36	Silva et al. (2018)
Mascavo	25	2,13	3,66	Parazzi et al. (2009)
Mascavo	6	4,02	9,23	Andrade, Medeiros e Borges (2018)
Mascavo	6	4,6	6,83	Minguetti (2012)
Mascavo	11	0,8	3,24	Rós (2019)

¹Número de amostras; ²Mínimo; ³Máximo.

5.4.1.2. Composição nutricional

Jerônimo et al. (2020) elucidaram que o caldo da cana-de-açúcar é composto por água (80%) e pelos chamados sólidos solúveis, isto é, os açúcares (18%) e os não açúcares que, por sua vez, são classificados em orgânicos (1%) e inorgânicos (1%). Os açúcares são constituídos de sacarose, glicose e frutose, em que a primeira é a mais importante para a fabricação do açúcar mascavo, e as últimas aparecem em teores variáveis, porém inferiores, sendo chamadas de açúcares redutores. Os não açúcares orgânicos presentes no caldo são compostos por substâncias como proteínas, ceras, ácidos e corantes, enquanto os não açúcares inorgânicos são representados por componentes como sílica, potássio, ferro, cálcio etc.

Verruma-Bernardi et al. (2007) apontaram que a composição final do açúcar mascavo batido, no que tange os minerais e componentes orgânicos, é bastante similar ao caldo da cana-de-açúcar, enquanto o açúcar mascavo centrifugado possui composição mais pobre e com maior teor de sacarose, em virtude de o mel ser separado na centrifugação.

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), elaborada pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (NEPA, 2011), indica que a cada 100 gramas de açúcar mascavo, são encontradas 369 calorias e 94,5g de carboidratos. Neste viés, Generoso et al. (2009) analisaram 31 marcas comerciais de açúcar mascavo, comparando os teores de carboidratos informados nos rótulos com os valores encontrados em análises laboratoriais. Para cada 5g de produto, os valores obtidos pelos autores variaram entre 1,1 e 8,5g de carboidratos, enquanto os rótulos determinavam teores de carboidrato de 4,5 a 5,0g nas 26 amostras que incluíam esta informação na embalagem.

Quanto aos teores de fibras, a tabela TACO (NEPA, 2011) considera um parâmetro não aplicável ao açúcar mascavo, corroborando com o exposto por Generoso et al. (2009) que afirmaram que o teor de fibras no açúcar mascavo pode decorrer da má peneiragem do caldo de cana durante a fabricação e, sendo assim, geralmente não são observados em valores significativos. Bovi e Serra (2001) elucidaram que elevados teores de fibras no açúcar mascavo podem decorrer da presença de impurezas vegetais provenientes da própria matéria-prima, como folhas verdes e secas, palmitos e plantas daninhas que são carregadas a partir da colheita e podem impactar o processamento, reduzindo a capacidade de moagem e extração.

Ainda no estudo de Generoso et al. (2009), das 31 marcas analisadas, 20 marcas apresentavam composição proteica no seu rótulo, em que apenas duas expressaram valores maiores que zero, sendo ambas menores do que 0,5g, para cada 5g de produto, conteúdo análogo ao encontrado para gorduras totais em 4 amostras que constavam essa informação.

Para estes parâmetros, a tabela TACO (NEPA, 2011) informa teores de 0,8g e 0,1g, respectivamente para proteínas e lipídeos, a cada 100g de açúcar mascavo.

Bettani et al. (2014) encontraram teores de aminoácidos entre 1,0 e 151,6 mg.kg⁻¹ para as oito amostras de diferentes tipos de açúcares avaliadas. O açúcar mascavo se destacou como apresentando os maiores valores, enquanto o açúcar cristal, tanto orgânico quanto convencional, apresentaram os menores teores para este parâmetro, destacando a influência do processamento na composição nutricional final.

Silva (2017a) elucidou que, embora ainda existam poucos dados na literatura definindo valores aceitáveis para nutrientes em açúcar e que elucidem seu impacto no produto final, é possível observar maiores teores de minerais em açúcares demerara e mascavo. Matos (2018) elucidou que a maior presença de vitaminas e minerais ocorrem em virtude de o açúcar mascavo não passar por etapas como o refinamento.

Faria (2012) analisou oito amostras de diferentes tipos de açúcares (cristal, demerara, mascavo e refinado especial) quanto ao teor de minerais e constatou maiores valores de cálcio, potássio e sódio para mascavo, sendo eles 5129 mg.kg⁻¹, 1431 mg.kg⁻¹ e 1161 mg.kg⁻¹ respectivamente. O açúcar cristal oriundo de sistema de cultivo convencional apresentou composição inferior em relação a estes elementos.

Silva (2017a) analisou 87 marcas comerciais de açúcar, entre elas, 28 amostras de açúcar mascavo e 22 amostras de açúcar refinado. Os teores encontrados para cálcio em mascavo variaram entre 275 e 2346 mg.kg⁻¹, enquanto no açúcar refinado, para fins de comparação, foram observados valores de 4,0 a 101,5 mg.kg⁻¹. Em relação aos demais elementos, a superioridade do açúcar mascavo também foi evidente, sendo encontrados valores de até 1065 mg.kg⁻¹ de magnésio (em contraste com valores de até 15,7 mg.kg⁻¹ para o açúcar refinado); até 2891 mg.kg⁻¹ de potássio (até 69,5 mg.kg⁻¹ no açúcar refinado); até 25,8 mg.kg⁻¹ para manganês (até 0,30 mg.kg⁻¹ em açúcar refinado); e até 338,1 mg.kg⁻¹ de fósforo (até 9,0 mg.kg⁻¹ no açúcar refinado).

Apesar de adequados teores de minerais apresentarem efeitos benéficos à saúde humana, quantidades excessivas dos mesmos no produto podem acarretar diversos problemas como alterações nas características sensoriais do açúcar obtido (cor, aroma e sabor), além de depreciação dos equipamentos da unidade produtora (SILVA, 2017a).

Wilwerth et al. (2009) encontraram grande variação entre os teores de minerais para 31 marcas de açúcar mascavo. Foram determinados teores de cálcio entre 754,4 e 5432,6 mg.kg⁻¹, teores de potássio entre 137,4 e 10835 mg.kg⁻¹ e teores de magnésio entre 6,2 e 1705,2 mg.kg⁻¹. Além disso, foram encontrados pelos autores teores de fósforo entre 16,5 e

569,5 mg.kg⁻¹, teores de manganês de 2,1 e 56,2 mg.kg⁻¹ e teores de sódio entre 13,4 e 1399,5 mg.kg⁻¹.

Elevada variação também foi constatada por estudo de Silva (2017b) que investigou 15 amostras de marcas comerciais de açúcar mascavo. Os autores determinaram teores de cálcio em torno de 427 até 3453 mg.kg⁻¹; presença de magnésio em valor de zero à 1304 mg.kg⁻¹; teores de sódio em cerca de 117 à 1942 mg.kg⁻¹; valores de potássio de 1367 até 4558 mg.kg⁻¹; e, por fim, teores de fósforo de 80 mg.kg⁻¹ até valores máximos de 558 mg.kg⁻¹.

Trabalho de Natalino (2006) utilizou espectrofotometria de absorção atômica para determinar íons metálicos em 97 amostras de açúcar mascavo coletadas em Minas Gerais. Para cálcio, magnésio e sódio, foram encontrados valores de até 3134 mg.kg⁻¹, 641,5 mg.kg⁻¹ e 856,6 mg.kg⁻¹, respectivamente.

Para fins de comparação, a tabela TACO (NEPA, 2011) estimou a composição de cálcio para açúcar mascavo em cerca de 1270 mg.kg⁻¹, para magnésio, em cerca de 800 mg.kg⁻¹; para manganês, em torno de 20,3 mg.kg⁻¹; para fósforo, em valores de 380 mg.kg⁻¹; para sódio, em cerca de 250 mg.kg⁻¹; e para potássio em torno de 5220 mg.kg⁻¹.

Conforme afirmado por Silva (2017b), a disparidade encontrada entre os resultados da literatura pode ser explicada por diversos fatores como a inadequada peneiragem de impurezas presentes no caldo após a moagem, o tratamento do caldo com leite de cal, más condições de limpeza dos equipamentos utilizados e a variabilidade encontrada na matéria-prima. O resumo dos dados encontrados é exposto nas **Tabela 2** e **Tabela 3**.

No que tange à presença de ferro, Silva (2017a) encontrou valores de 23,5 até 298,5 mg.kg⁻¹ nas amostras de açúcar mascavo avaliadas, notavelmente superiores às quantidades encontradas para açúcar refinado (1,7 a 17,5 mg.kg⁻¹). De modo similar, Faria (2012) determinou teores médios de ferro de 53,4 mg.kg⁻¹ para açúcar mascavo, enquanto para o açúcar refinado, o limite mínimo detectável não foi atingido. Wilwerth et al. (2009), por sua vez, detectaram níveis de ferro entre 29,9 e 488,4 mg.kg⁻¹ para amostras de 31 marcas de açúcar mascavo. A tabela TACO (NEPA, 2011) estimou composição de ferro em torno de 83,0 mg.kg⁻¹ para açúcar mascavo.

Outro aspecto importante é defendido por Cavalcanti et al. (2016) que afirmaram a necessidade de se mensurar a concentração de elementos tóxicos presentes nos alimentos, problema que pode ocorrer em virtude da contaminação do solo utilizado para cultivo da matéria-prima. Os autores avaliaram dez marcas de açúcar mascavo comercializados em Recife quanto à presença de chumbo e cádmio, observando alta variabilidade dos dados obtidos. Os teores de chumbo variaram entre 0,12 mg.kg⁻¹ até 1,60 mg.kg⁻¹, valores superiores

ao recomendado pela Instrução Normativa, que preconiza teores máximos de $0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$ para este elemento em açúcares de forma geral (BRASIL, 2021). Faria (2012), ao avaliar oito amostras de diferentes tipos de açúcar, observou o maior teor de chumbo para uma das amostras de açúcar cristal ($1,12 \text{ mg.kg}^{-1}$) enquanto o açúcar mascavo demonstrou valores de $0,69 \text{ mg.kg}^{-1}$ para este elemento.

Quanto ao cádmio, Cavalcanti et al. (2016) determinaram valores na faixa de 0,12 até $1,30 \text{ mg.kg}^{-1}$ para as dez marcas de açúcar mascavo avaliadas, enquanto os resultados obtidos por Faria (2012) para este elemento não atingiram o limite mínimo detectável para 8 amostras de diferentes açúcares. A IN n° 88, de 26 de março de 2021, não preconiza valores limites para este elemento.

Tabela 2. Valores encontrados na literatura em relação aos teores de minerais de diferentes tipos de açúcar: cálcio, potássio, fósforo, magnésio e manganês.

Tipo de açúcar	Ca*	K*	P*	Mg*	Mn*	Referência
Cristal	27,0 – 53,5	3,0 – 51,8				
Demerara	58,0 – 1147,0	3,1 – 42,1	-	-	-	Faria (2012)
Mascavo	5129,0	1431,0				
Refinado	41,1	34,0				
Refinado	4,0 – 101,5	0,4 – 69,5	0,1 – 9,0	0,6- 15,7	0,005 – 0,3	
Cristal	106,0 – 1214,0	4,7 – 81,0	1,5 – 9,0	2,6 – 32,5	0,03 – 0,4	Silva (2017a)
Demerara	80,2 – 244,2	14,0 – 49,0	4,5 – 20,2	12,0 – 79,0	0,2 – 1,5	
Mascavo	275,0 – 2346,0	439,8 – 2891,5	30,0 – 338,1	175,8 – 1065,5	4,4 – 25,8	
Mascavo	427,0 – 3453,0	1367,0 - 4558,0	80,0 - 558,0	0,0 – 1304,0	-	Silva (2017b)
Mascavo	754,4 – 5432,6	137,4 – 10835,0	16,5 – 569,5	6,2 – 1705,2	2,1 – 56,2	Wilwerth et al. (2009)
Mascavo	536,8 – 3134,0	-	-	390,4 – 641,5	-	Natalino (2006)
Mascavo	1270,0	5220,0	380,0	800,0	20,3	NEPA (2011)

*mg.kg⁻¹

Tabela 3. Valores encontrados na literatura em relação aos teores de minerais de diferentes tipos de açúcar: sódio, ferro, chumbo e cádmio

Tipo de açúcar	Na*	Fe*	Pb*	Cd*	Referência
Cristal	84,9 – 85,7	<LOD ²	0,7 – 1,1		
Demerara	87,3 – 96,3	<LOD – 21,0	0,5 – 0,9		
Mascavo	1161,0	53,4	0,6	<LOD	Faria (2012)
Refinado	1065,0	<LOD	0,9		
Refinado		1,17 – 17,5			
Cristal		0,8 – 9,0			
Demerara	-	3,3 – 57,8	-	-	Silva (2017a)
Mascavo		23,5 – 298,2			
Mascavo	117,0 – 1942,0	-	-	-	Silva (2017b)
Mascavo	13,4 – 1399,5	29,9 – 488,4	6,3 – 16,2	0,61 – 4,9	Wilwerth et al. (2009)
Mascavo	167,7 – 856,6	16,7 – 94,1	-	-	Natalino (2006)
Mascavo	250,0	83,0	-	-	NEPA (2011)
Mascavo	-	-	0,12 – 1,60	0,12 – 1,06	Cavalcanti et al. (2016)

*mg.kg⁻¹; ¹LOD = limite mínimo detectado.

5.4.2. Características físico-químicas

5.4.2.1. Polarização

O parâmetro polarização (Pol) pode ser conceituado como a porcentagem, em massa, da sacarose aparente presente em uma solução açucarada, sendo determinada por leitura sacarimétrica e expressa em graus Zucker. Diz-se que uma solução apresenta 100°Z quando esta contém 26 gramas de sacarose em 100 mL de solução, à temperatura de 20°C (LIMA, 2011).

A legislação brasileira, através da Instrução Normativa n° 47 de 30 de agosto de 2018, regulamenta valores mínimos de polarização para açúcar refinado amorfo, refinado granulado, cristal, demerara, VHP e VVHP, sem fazer menção ao açúcar mascavo, conforme exposto na **Tabela 4** (BRASIL, 2018). Anteriormente, a Resolução n°12 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), de 24 de julho de 1978, estabelecia a exigência mínima de polarização em 99,3°Z para o açúcar cristal, e de 90,0°Z para o açúcar mascavo, entretanto, essa resolução não está em vigor atualmente (EMBRAPA, 2021).

Avaliando oito amostras de diferentes tipos de açúcar, Bettani et al. (2014) verificaram valores de 98,5 à 99,2°Z para açúcar cristal, abaixo do estabelecido pela legislação em vigor (BRASIL, 2018), e de 85,9°Z para a amostra de açúcar mascavo, valores que não atingiriam o requerido pela antiga normativa se essa ainda estivesse vigente.

Baixos teores de sacarose não significam necessariamente a má qualidade do produto. Embora para o açúcar cristal uma elevada polarização seja aspecto importante, no açúcar mascavo essa redução pode ocorrer pela maior presença de constituintes minerais e orgânicos no produto, o que é um fator benéfico em termos de saúde humana (BETTANI et al., 2014; MINGUETTI, 2012).

Avaliando a qualidade de dez diferentes lotes de uma marca comercial de açúcar mascavo, produzido em assentamento de reforma agrária, Araújo et al. (2011) encontraram valores de polarização que variaram entre 84,5 e 93,3 °Z, constatando apenas três amostras em conformidade com a antiga legislação. Do mesmo modo, estudos de Silva (2017b) investigou 15 amostras de marcas comerciais de açúcar mascavo, encontrando valores de polarização na faixa de 84,0 à 96,5°Z, em que quatro marcas não atingiram o exigido pela resolução revogada.

Generoso et al. (2009), estudando a polarização de açúcar mascavo, constataram que apenas sete das 31 marcas comerciais avaliadas apresentaram-se acima de 90,0°Z, em valores de 90,8°Z à 96,9°Z, ressaltando que o menor resultado encontrado por esta pesquisa atingiu 74,9°Z. Já Verruma-Bernardi et al. (2007) determinaram valores de polarização que variaram

de 81,2 à 93,2°Z, em que apenas duas das nove marcas comerciais entraram em conformidade com a antiga recomendação.

Minguetti (2012), analisando amostras de açúcar mascavo fabricadas a partir de matérias-primas cultivadas em seis diferentes sistemas de produção, encontrou valores de polarização entre 81,6 e 84,5°Z. O tratamento SCVQ (sistema convencional com corretivo orgânico e adubo químico) expressou o menor valor, enquanto os tratamentos SOVV (sistema orgânico com corretivo e composto orgânico) e SCAQ (sistema convencional sem calcário e com adubo químico) apresentaram os maiores resultados.

Em comparação, Rós (2019), analisando açúcares mascavo oriundos de matéria-prima produzida em sistema orgânico e convencional, constatou resultados de polarização entre 81,64 e 91,79°Z para açúcares mascavo convencionais e de 80,19 e 92,95°Z para açúcares mascavo orgânicos, não estabelecendo relação entre o sistema produtivo e o produto obtido.

Andrade, Medeiros e Borges (2018) constataram melhoria nos valores de polarização das amostras de açúcar mascavo quanto estas foram submetidas à adição de açúcar VHP (tratamento 1) e adição de açúcar VHP + correção do pH (tratamento 2), atingindo resultados de 75,1 e 84,5°Z, respectivamente. Nesta avaliação, a testemunha expressava 71,1°Z, sendo possível identificar diferença estatística entre os tratamentos.

Os açúcares de alta polarização podem ser classificados como produtos microbiologicamente estáveis, em virtude de seus baixíssimos valores de atividade de água. Contudo, para aqueles que apresentam baixa polarização, como demerara e mascavo, a alta umidade presente no açúcar somada à grande concentração de nutrientes, propicia ambiente favorável ao emboloramento, condição que inviabiliza o consumo do produto (BETTANI et al., 2014).

Tabela 4. Valores recomendados pela legislação nacional para ‘Polarização’ e dados encontrados na literatura acerca deste parâmetro em diferentes açúcares.

Tipo de açúcar	Am. ¹	Pol (°Z)		Referência
		Mín. ¹	Máx. ²	
Refinado amorfo de 1 ^a	-	99,0	-	
Refinado amorfo, de 2 ^a		98,5	-	
Refinado granulado		99,8	-	Resolução CNNPA nº 12 – revogada
Cristal	-	99,3	-	Citado pela EMBRAPA (2021)
Demerara	-	96,0	-	
Mascavo	-	90,0	-	
Refinado granulado	-	99,8	-	
Refinado	-	99,0	-	
Cristal	-	99,5	-	IN nº 47, de 30 de agosto de 2018
Demerara	-	96,0	-	(BRASIL, 2018)
VHP	-	99,0	-	
VVHP	-	99,49	-	
Refinado especial	1	99,2	-	
Cristal	3	98,5	99,2	Bettani et al. (2014)
Demerara	3	97,1	99,1	
Mascavo	1	85,9	-	
Mascavo	10	84,5	93,3	Araújo et al. (2011)
Mascavo	15	84,0	96,5	Silva (2017b)
Mascavo	31	74,9	96,9	Generoso et al. (2009)
Mascavo	9	81,2	93,2	Verruma-Bernardi et al. (2007)
Mascavo	6	81,6	84,5	Minguetti (2012)
Mascavo	11	80,19	92,95	Rós (2019)
Mascavo	3	71,1	84,5	Andrade, Medeiros e Borges (2018)

¹Número de amostras; ²Mínimo; ³Máximo.

5.4.2.2. Açúcares redutores (AR) e Açúcares redutores Totais (ART)

Segundo Lopes (2011), os açúcares redutores têm essa denominação pois são capazes de reduzir os íons ferro e cobre em soluções (reação de *Fehling*), podendo ser encontrados na natureza desde o mel de abelha até a cana-de-açúcar. Nesta última, podem ser encontrados os

monossacarídeos glicose e frutose e a presença destes açúcares, em grande quantidade, pode ser indicativa de que a matéria-prima utilizada não atingiu sua total maturação ou que passou por um longo tempo de espera até seu processamento, entrando em deterioração.

Segundo Generoso et al. (2009), ainda não há valores máximos definidos para este parâmetro em açúcar mascavo, dado que os teores neste produto podem variar em função do teor de sólidos solúveis não-açúcares, como minerais e ácidos. Valores máximos de 2,4% foram propostos por Lopes e Borges (1998) quanto à AR em açúcar mascavo. No entanto, Andrade, Medeiros e Borges (2018) defenderam que tal recomendação deve ser questionada, uma vez que é tecnicamente difícil obter teores tão baixos de AR, sendo necessário estabelecer padrões mais factíveis para este parâmetro e que ainda garantam a qualidade do alimento. Os dados de AR observados pela literatura para açúcar mascavo são expostos na **Tabela 5**.

Araújo et al. (2011), encontraram resultados de AR na ampla faixa de 2,8 a 7,2% nos diferentes lotes analisados de uma marca comercial de açúcar mascavo. Este comportamento variável também foi observado por Verruma-Bernardi et al. (2007) que, analisando nove marcas comerciais de açúcar mascavo, determinaram teores de AR na faixa de 1,43 à 7,25%, bem como em trabalho de Silva (2017b) que encontrou teores de AR na faixa de 4,9 e 6,0% nas 15 marcas comerciais de açúcar mascavo observadas. Generoso et al. (2009) obtiveram dados de AR entre 1,17 e 8,51% para as 31 amostras testadas.

Comparando açúcares mascavos produzidos a partir de matéria-prima cultivada em diferentes sistemas de produção, Minguetti (2012) constatou valores de AR na faixa de 0,75 a 1,17% que diferiram estatisticamente, sendo o menor valor atingido pelo tratamento SCAQ (sistema convencional sem calcário e com adubo químico) e o maior valor obtido pelo tratamento SCVQ (sistema convencional com corretivo orgânico e adubo químico).

Bettani et al. (2014), ao quantificar os teores de AR em oito amostras de diferentes açúcares (cristal, demerara, mascavo e refinado), encontraram o menor resultado para o açúcar cristal (0,05%), enquanto para o açúcar mascavo, a amostra indicava teor de 5,6%, o maior do grupo testado.

Elevados teores de açúcares redutores podem ser originados pelo uso de cana-de-açúcar ainda verde, passadas ou queimadas. Além disso, realizar o desponte da matéria-prima é prática importante, eliminando-se dois a três internódios abaixo do ponto de quebrada do ponteiro da cana, pois há maior concentração de AR nessa região (OLIVEIRA, 2013; JERONIMO et al., 2020).

Ainda segundo os autores, altos teores de AR resultam em cristalização inadequada, menor rendimento, dificuldade de obtenção do ponto final, além de escurecimento do produto. Conforme elucidado por Nursten (2005), as melanoidinas, compostos responsáveis pelo escurecimento do alimento, são geradas através da reação de Maillard que ocorre entre um composto de carbonila, geralmente açúcares redutores, e uma amina, comumente um aminoácido, peptídeo ou proteína, quando são submetidos à aquecimento.

Lopes (2011) já havia elucidado que valores elevados de açúcares redutores ou impurezas tornam o produto bastante sensível a variações de umidade do ambiente, corroborando com a explicação de Lopes e Borges (1998) sobre altos teores de AR resultarem em produtos com aspecto úmido, apresentando tendência para melar ou empedrar.

Estudos afirmam que é possível obter valores baixos de AR caso o pH do caldo seja corrigido antes que a etapa de evaporação atinja temperaturas elevadas. Isso porque a hidrólise da sacarose resultando em glicose e frutose ocorre em função do pH, temperatura, concentração de sacarose, presença de eletrólitos e outros fatores. O conjunto de temperatura elevada e pH ácido aceleram reações de inversão da sacarose, gerando estes açúcares redutores (ARAÚJO et al., 2011; MANTELATTO, 2005).

Neste viés, Andrade, Medeiros e Borges (2018) constataram redução significativa de AR em açúcar mascavo quando este recebeu correção do pH durante seu processamento. Neste trabalho, a testemunha apresentou percentual médio de AR de 12,96%, valor estatisticamente semelhante ao encontrado para o açúcar mascavo adicionado de VHP (12,53%). O tratamento submetido à adição de VHP + correção do pH foram observados teores de AR de 6,07%, apresentando diferença estatística dos demais.

Tabela 5. Valores encontrados na literatura para o parâmetro ‘Açúcares Redutores’ em diferentes açúcares.

Tipo de açúcar	Am. ¹	AR (%)		Referência
		Mín. ²	Máx. ³	
Refinado especial	1	-	0,6	
Cristal	3	0,05	1,6	Bettani et al. (2014)
Demerara	3	0,9	1,2	
Mascavo	1	-	5,6	
Mascavo	10	2,8	7,2	Araújo et al. (2011)
Mascavo	9	1,43	7,25	Verruma-Bernardi et al. (2007)
Mascavo	15	4,9	6,0	Silva (2017b)
Mascavo	31	1,17	8,51	Generoso et al. (2009)
Mascavo	6	0,75	1,17	Minguetti (2012)
Mascavo	3	6,07	12,96	Andrade, Medeiros e Borges (2018)

¹Número de amostras; ²Mínimo; ³Máximo.

5.4.2.3. pH

No que se refere ao pH, Castro e Andrade (2007) sugeriram que, embora não seja possível definir regras gerais para um pH ótimo, o valor de 6,5 se mostra interessante. Em contrapartida, Chaves, Fernandes e Silva (2003) recomendaram que, para açúcar mascavo, uma reação levemente alcalina é favorável, enquanto Lopes (2011) esclarece que a correção do pH, de modo geral, visa elevá-lo para um valor próximo à 7,0.

Mantelatto (2005) elucidou que, em meio alcalino, a molécula de sacarose é mais estável se em temperaturas de até 80°C. Segundo o autor, o ponto de maior estabilidade ocorre em pH entre 8,0 e 9,0, quando a concentração dos íons de hidrogênio, responsáveis pela inversão da sacarose, são relativamente baixas. No entanto, anteriormente, Lopes e Borges (1998) apontaram que uso excessivo de cal com elevação de pH à valores superiores a 7,0 podem provocar destruição da sacarose, além de escurecimento do produto.

Segundo Jeronimo et al. (2020), dado que o caldo de cana é naturalmente mais ácido (em torno de 5,5), o aquecimento sem que seja feita a correção do pH pode acarretar inversão

da sacarose, prejudicar a cristalização, dificultar o atingimento do “ponto”, além de causar o escurecimento do produto.

Contudo, Chaves, Fernandes e Silva (2003) defenderam que a não correção da acidez do caldo não acarreta grandes problemas ao produto final desde que a fabricação ocorra a partir de matéria-prima madura e limpa, sendo a concentração do caldo efetuada o mais rápido possível após a colheita. Além disso, neste caso, o mercado consumidor ao qual o açúcar mascavo se destina deve aceitar colorações mais escuras e aspecto menos cristalino. Ainda segundo os autores, canas verdes, passadas ou cultivadas em solos ricos em matéria orgânica apresentam maior acidez, exigindo maior quantidade de leite de cal na correção do pH. Por outro lado, a matéria-prima madura, proveniente de solos de média ou baixa fertilidade e arenosos tendem a apresentar menor acidez e assim, necessitam de menos cal.

Conforme exposto na **Tabela 6**, Silva (2017b), em avaliação de 15 amostras de marcas comerciais de açúcar mascavo, determinou valores de pH entre 5,50 e 8,40, apresentando diferença significativa entre as amostras. Do mesmo modo, Generoso et al. (2009) encontraram valores na faixa de 5,22 e 7,85 para as 31 amostras de mascavo analisadas.

Em estudo de Minguetti (2012) comparando açúcares mascavos produzidos a partir de cana-de-açúcar cultivada em seis diferentes sistemas produtivos, foram observados valores de pH variando de 5,87 até 6,05, sendo o menor valor referente à testemunha e o maior ao tratamento SOVV, ou seja, a cana-de-açúcar cultivada em sistema orgânico com corretivo e composto orgânico. Não foi verificada diferença estatística entre os tratamentos, o que já era esperado uma vez que a acidez do caldo havia sido corrigida durante o processamento.

Rós (2019), analisando açúcares mascavo oriundos de matéria-prima produzida em sistema orgânico e convencional, não constatou relação entre os valores de pH obtidos e os sistemas de cultivo. O autor verificou variação deste parâmetro entre 6,03 e 8,21 para açúcares convencionais e entre 6,22 e 8,71 para açúcares orgânicos.

Como citado anteriormente, Andrade, Medeiros e Borges (2018) também constataram significativa influência da correção do pH nos parâmetros encontrados para o açúcar mascavo obtido. Testando o efeito da adição de VHP ao açúcar mascavo, bem como a adição de VHP + correção do pH durante o processamento, os autores observaram que, para este último tratamento, o resultado médio diferiu estatisticamente dos demais, apresentando pH no valor de 6,0, mais próximo à neutralidade. Do mesmo modo, quando este processo foi realizado, foram constatados menores teores de umidade e de açúcares redutores, bem como maiores valores de polarização no produto final.

Ao analisar 87 amostras de açúcar comercializados em diferentes estados do Brasil, Silva (2017a) constatou pHs médios que variaram entre 6,5 e 7,2, sendo o maior valor encontrado para amostras de açúcar mascavo, e o menor valor expresso por amostras de açúcar refinado. Bettani et al. (2014) determinaram valores de pH semelhantes, na faixa de 6,0 (encontrado para açúcar mascavo) até 6,7 (em açúcar demerara).

Tabela 6. Valores encontrados na literatura acerca do parâmetro 'pH' em diferentes açúcares.

Tipo de açúcar	Am. ¹	pH		Referência
		Mín. ²	Máx. ³	
Refinado	22	-	6,50	Silva (2017a)
Cristal	25	-	6,63	
Demerara	12	-	6,63	
Mascavo	28	-	7,20	
Refinado especial	1	-	6,3	Bettani et al. (2014)
Cristal	3	6,3	6,3	
Demerara	3	6,4	6,7	
Mascavo	1	-	6,0	
Mascavo	15	5,50	8,40	Silva (2017b)
Mascavo	31	5,22	7,85	Generoso et al. (2009)
Mascavo	6	5,87	6,05	Minguetti (2012)
Mascavo	11	6,03	8,21	Rós (2019)
Mascavo	06	5,15	6,0	Andrade, Medeiros e Borges (2018)

¹Número de amostras; ²Mínimo; ³Máximo.

5.4.2.4. Cinzas

O teor de cinza é constituído da matéria inorgânica que permanece após o processo de queima da matéria orgânica de uma amostra, sendo constituído principalmente de elevadas quantidades de potássio, sódio, cálcio e magnésio, e de menores quantidades de outros elementos como ferro, manganês e zinco (ARAÚJO et al., 2021). Para este parâmetro, a Instrução Normativa (IN) n° 47, de 30 de agosto de 2018, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) indica percentuais máximos permitidos para certos tipos de açúcar, não mencionando o açúcar mascavo. Para fins de comparação, em açúcar

demerara, a porcentagem máxima é estabelecida em 0,50%, enquanto para o açúcar refinado granulado, este valor é imposto em 0,04% (BRASIL, 2018).

Lopes e Borges (1998) sugeriram que os teores de cinzas não podem ultrapassar 2,2% para um açúcar mascavo de qualidade, entretanto, esta recomendação é discutida por Andrade, Medeiros e Borges (2018) que sugerem a realização de maiores análises físico-químicas e sensoriais, a fim de se comprovar tal valor. Os dados presentes na literatura acerca deste parâmetro se encontram na **Tabela 7**.

Bettani et al. (2014) verificou que os teores de cinzas não ultrapassaram a taxa de 0,08% para as amostras de açúcar cristal analisadas, enquanto o valor de 1,35% foi constatado para a amostra de açúcar mascavo. Corroborando com este valor, estudo de Araújo et al. (2011) apontou teores de cinzas na faixa de 0,7 a 1,4% para as dez amostras de açúcar mascavo observadas. Em comparação, Generoso et al. (2009), obtiveram resultados que variaram em níveis superiores, de 1,15 a 3,45%, enquanto Silva (2017b) determinou teores de cinzas de 0,33 a 2,65% para as 15 amostras de açúcar mascavo analisadas. Por sua vez, Verruma-Bernardi et al. (2007), determinaram teores de cinzas na faixa de 1,21 à 5,88% em nove marcas comerciais testadas.

Avaliando os efeitos da adição de açúcar VHP no processamento do açúcar mascavo, com e sem correção do pH, Andrade, Medeiros e Borges (2018) constataram que os teores de cinzas foram reduzidos tanto em virtude da adição de VHP, quanto em decorrência da correção do pH, atingindo percentuais de 1,64%, 1,11% e 1,19% para os tratamentos testemunha, adição de VHP e adição de VHP + correção do pH, respectivamente.

Trabalho de Rós (2019) também buscou estabelecer relação entre os fatores agrônômicos e produtivos e o açúcar mascavo obtido. Valores de cinzas de 1,52 a 6,31% foram determinados para amostras de açúcar mascavo convencional e de 0,88 a 5,16% para as amostras de açúcar mascavo orgânico analisadas, não indicando relação entre os teores de cinzas encontrados e o sistema de cultivo em questão.

Anteriormente, Minguetti (2012) analisou a influência de seis sistemas de cultivo da cana-de-açúcar na produção do açúcar mascavo, encontrando teores médios de cinzas de 3,75 a 4,35%. O menor valor foi obtido pelos tratamentos testemunha e SCAQ (sistema convencional sem calcário e com adubo químico), e o maior valor foi visto para o tratamento SCCQ (sistema convencional com calcário e adubo químico). Ainda neste estudo, a análise sensorial realizada indicou que o tratamento SCAQ recebeu menor valor para sabor amargo, corroborando com o teor de cinza encontrado.

Altos teores de cinzas conferem sabor amargo ou salgado aos derivados de cana-de-açúcar (MINGUETTI, 2012). Lopes e Borges (1998) afirmaram que para uma maior qualidade do açúcar, a cana deve originar um caldo de baixo teor de cinzas pois elevados valores deste parâmetro correspondem a altos teores de potássio, conferindo sabor desagradável ao produto e dificultando sua cristalização.

Tabela 7. Valores recomendados pela legislação nacional para ‘teor de cinzas’ e dados encontrados na literatura acerca deste parâmetro em diferentes açúcares.

Tipo de açúcar	Am. ¹	Cinzas (%)		Referência
		Mín. ¹	Máx. ²	
Refinado amorfo de 1 ^a	-	-	0,2	Resolução CNNPA nº 12 – revogada citada por EMBRAPA (2021)
Refinado amorfo, de 2 ^a	-	-	0,2	
Refinado granulado	-	-	0,04	
Refinado granulado	-	-	0,04	IN nº 47, de 30 de agosto de 2018 (BRASIL, 2018)
Refinado	-	-	0,20	
Cristal	-	-	0,10	
Demerara	-	-	0,50	
VHP	-	-	0,25	
VVHP	-	-	0,15	
Refinado especial	1	-	0,26	Bettani et al. (2014)
Cristal	3	0,01	0,08	
Demerara	3	0,06	0,41	
Mascavo	1	-	1,35	
Mascavo	10	0,7	1,4	Araújo et al. (2011)
Mascavo	31	1,15	3,45	Generoso et al. (2009)
Mascavo	15	0,33	2,65	Silva (2017b)
Mascavo	9	1,21	5,88	Verruma-Bernardi et al. (2007)
Mascavo	3	1,11	1,64	Andrade, Medeiros e Borges (2018)
Mascavo	11	0,88	6,31	Rós (2019)
Mascavo	6	3,75	4,35	Minguetti (2012)

¹Número de amostras; ²Mínimo; ³Máximo.

5.4.3. Características físicas

5.4.3.1. Cor instrumental

Na indústria alimentícia, o atributo cor se torna cada vez mais importante em relação à exibição e comercialização do produto, sendo um parâmetro indicativo para o controle de qualidade e um fator estimulante do apetite (DIAS et al., 2012). De acordo com Lima (2005), a coloração interfere na aceitação ou rejeição pelo consumidor, uma vez que variações de cor da mercadoria remetem à problemas ocorridos no processo de fabricação. Isso porque o aspecto visual está intimamente relacionado à metodologia de preparo, à escolha da matéria-prima e, por fim, ao armazenamento do produto.

Uma forma de avaliar a coloração de amostras é através de equipamentos colorímetros que utilizem o sistema de cores CIELAB. Neste sistema, as cores podem ser descritas através da escala L^* (luminosidade), a^* (conteúdo de vermelho a verde) e b^* (conteúdo de amarelo a azul), ou ainda, pelas coordenadas cilíndricas de L^* (luminosidade), h° (ângulo Hue - tonalidade) e C^* (croma) (GUTEMBERG, 2004). Segundo Ferreira e Spricigo (2017), altos valores de L^* representam colorações mais claras e baixos valores correspondem a cores mais escuras.

Utilizando colorímetro portátil, Durán et al. (2012) analisaram a coloração de 19 amostras de açúcar mascavo provenientes de Minas Gerais e coletadas em duas diferentes épocas do ano (janeiro/fevereiro e outubro). Notou-se que a variável luminosidade, medida em escala de 0 (preto) a 100 (branco), acarretou cerca de 60% das diferenças de cor entre os açúcares, motivo pelo qual a priorizaremos no presente estudo. Para esta variável, os valores das amostras mensuradas ao início do ano apresentaram uma ampla faixa de variação entre 64,25 (mais clara) e 41,60 (mais escura) na escala, demonstrando não haver um padrão específico de coloração entre as marcas, o que, segundo os autores, pode dificultar a distribuição do produto em certos nichos. Além disso, ao comparar com a segunda medição, referente às amostras coletadas em outubro, observou-se que para 13 delas houve desvio total de cor em valores acima de 2,0, isto é, ocorreram mudanças visíveis de coloração entre os dois períodos de safra da cana-de-açúcar.

Em semelhante pesquisa, Silva et al. (2018) analisaram a coloração de 15 amostras de açúcar mascavo, com auxílio de colorímetro, verificando que, para o atributo luminosidade, os valores variaram entre 67,4 e 45,0 na escala. Verruma-Bernardi et al. (2007), por sua vez, constataram valores médios de luminosidade variando entre 54,3 e 24,5 para as nove marcas comerciais de açúcar mascavo analisadas.

Para este parâmetro, Rós (2019) também encontrou desuniformidade entre as amostras, com valores de L^* que variaram entre 54,5 e 49,2 para açúcares mascavo convencionais, e entre 57,9 e 44,0 para açúcares mascavo orgânicos, diferindo estatisticamente entre si. A amostra classificada como mais clara (MC1) foi obtida a partir de matéria-prima cultivada em sistema convencional, enquanto a amostra mais escura (MO5) era oriunda de sistema de cultivo orgânico.

Outra forma comumente utilizada para analisar coloração é a metodologia estabelecida pela International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA) que, conforme caracterizado por Oliveira, Esquiaveto e Silva Júnior (2007) consiste em medir a passagem da luz através de uma solução açucarada (concentração 50%), no comprimento de onda pré-definido 420 nm.

Segundo os autores, neste método, os açúcares destinados à indústria alimentícia são classificados em coloração menor que 45 U.I (unidades ICUMSA), menor que 100 U.I., menor que 150 U.I, menor que 200 U.I. e, ainda, menores que 400 U.I., sendo os maiores valores de U.I. correspondentes ao amarelecimento do cristal, fator de impacto quando o açúcar é utilizado para confecção de produtos alimentícios, como refrigerantes e balas. Contudo, no que tange os açúcares orgânicos e mascavos, a fabricação não abrange a etapa de remoção dos compostos que promovem cor, o que gera a necessidade de se elaborar uma classificação especial e diferente dos açúcares cristais para estes tipos de produtos (BETTANI et al., 2014).

A legislação vigente para cor ICUMSA, estabelecida pela IN nº 47 de 30 de agosto de 2018, não especifica coloração máxima recomendada para açúcar mascavo, entretanto, para efeitos de comparação, estabelece limite de 5000 U.I. para açúcar demerara e de 300 U.I. para açúcar cristal cultivado em sistema convencional (BRASIL, 2018).

Neste viés, estudo de Bettani et al. (2014) demonstrou a variação encontrada entre os diferentes tipos de açúcares quanto ao atributo cor, em oito amostras comerciais analisadas. Os autores constataram valores de 19 U.I. para o açúcar cristal convencional, enquanto para o açúcar mascavo, esta medição atingiu 50.778 U.I., ratificando a necessidade de uma escala específica para este tipo de açúcar que é naturalmente mais escuro.

Os resultados obtidos por Generoso et al. (2009), analisando 31 amostras de marcas comerciais de açúcar mascavo, demonstraram cor ICUMSA em valores de 174,6 a 574,5 U.I., muito inferiores ao encontrado pelo trabalho de Bettani et al. (2014).

Jambassi (2017) elucida que o aquecimento do caldo pode acarretar um processo conhecido como Reação de *Maillard*, responsável pela formação de compostos coloidais

chamados melanoidinas. Estes compostos permanecem, de forma geral, na superfície do cristal, ocasionando coloração amarelada ou castanha.

Outra reação comumente observada é a caramelização, dado o processo de aquecimento a pressão atmosférica, em fogo direto ou vapor, sendo capaz de causar o escurecimento do açúcar (DELGADO; DELGADO, 1999). Lopes e Borges (1998) apontaram que altas temperaturas ou longos períodos de cozimento podem formar compostos chamados caramelos, de coloração escura, que acabam escurecendo o produto, mas também conferem à ele um sabor diferenciado de açúcar queimado, preferência para alguns consumidores.

Mais tarde, Mantelatto (2005) complementou que o aquecimento por longos períodos acarreta a formação de compostos amarelados, além de espuma, como resultado da liberação de gás carbônico e ácidos orgânicos. Este aquecimento leva a perda de água, rompendo ligações glicosídeas e levando a polimerização, o que acarreta a formação de compostos coloridos e escuros, denominados termo-oligossacarídeos, mais conhecidos como "caramelos".

Neste viés, Chaves, Fernandes e Silva (2003) afirmaram que, na etapa de concentração do caldo, o ponto deve ser atingido através de baixo aquecimento, a fim de se evitar a queima e caramelização excessiva com conseqüente escurecimento do produto. Além disso, Lopes e Borges (1998) descreveram que o uso excessivo de cal, elevando o pH a valores maiores que 7,0, pode causar a destruição da sacarose e interferir na coloração do produto.

A variedade de cana-de-açúcar utilizada, bem como o local de cultivo da mesma, pode gerar caldos mais ricos em polifenóis e aminoácidos, os quais resultam em maior coloração no açúcar. Este fator pode ser controlado pela experiência do agricultor, testando novos sítios de cultivo (GENEROSO et al., 2009).

Chaves, Fernandes e Silva (2003) afirmaram que o caldo que sai da moenda contém materiais corantes como a clorofila, antocianinas e sacaretina que podem ser separados através do aquecimento inicial e/ou elevação do pH do caldo. Além disso, outros compostos como os taninos e os polifenóis, na presença de ferro, são capazes de acarretar caldos de coloração verde ou mais escuros. Trabalho de Bettani et al. (2014) estabeleceram relação entre a cor das amostras e seus teores de compostos fenólicos e aminoácidos, ao analisar oito amostras comerciais de diferentes tipos de açúcares. Para açúcar mascavo, maiores resultados foram obtidos para estes compostos, bem como foi observado coloração mais intensa.

Nunes (2018) observou duas diferentes agroindústrias familiares de Santo Antônio da Patrulha – RS quanto ao fluxograma de fabricação do açúcar mascavo. Os proprietários entrevistados afirmaram que o constante controle da fervura e limpeza da espuma são fatores

essenciais durante o processamento, e quando não realizados adequadamente acarretam alteração na coloração do produto obtido. Além disso, relatam que a adição de bicarbonato de sódio ao final da concentração, para auxílio da limpeza, traz ao caldo aspecto mais amarelado.

Machado (2012) afirmou que a coloração do açúcar está diretamente ligada ao número e tamanho de partículas carbonizadas presentes no mesmo, o que pode indicar falha de limpeza nos equipamentos de produção que entram em contato com o produto, uma vez que essas partículas são arrastadas durante a fabricação. Ademais, Generoso et al. (2009) elucidaram que o uso de aço inoxidável, em detrimento do aço carbono, para construção dos equipamentos é preferível como meio de evitar escurecimento do açúcar.

5.4.4. Características sensoriais

A análise sensorial é uma importante ferramenta para avaliar como os fatores anteriormente citados refletem no produto final. Conforme esclarecido por Teixeira (2009), através dela é possível analisar os efeitos do processamento, a qualidade da matéria prima e a estabilidade do armazenamento, por meio de aspectos como cor, textura, sabor e aroma. A manutenção da qualidade sensorial de um alimento favorece a fidelidade dos consumidores visto a exigência crescente do mercado.

5.4.4.1. Cor

Em ensaio realizado por Minguetti (2012) com amostras de açúcar mascavo fabricados a partir de matérias-primas cultivadas em seis diferentes sistemas produtivos, 19 provadores pré-selecionados e treinados realizaram análise descritiva quantitativa (ADQ) em relação à cor caramelo dos produtos. Foi constatada diferença estatística entre os tratamentos, em que o tratamento SCVQ (sistema convencional com corretivo orgânico e adubo químico) apresentou maior intensidade de cor enquanto o tratamento SOVV (sistema orgânico com corretivo e composto orgânico) expressou a menor intensidade de coloração caramelo. Tais resultados corroboraram com as demais análises realizadas pelo autor, apresentando alto teor de compostos fenólicos e de açúcares redutores no tratamento SCVQ, fatores que favorecem o escurecimento do produto.

Ainda utilizando metodologia ADQ, Verruma-Bernardi et al. (2007) avaliaram nove marcas comerciais de açúcar mascavo com auxílio de 8 provadores pré-selecionados. A amostra denominada "A" atingiu o maior valor do teste, com diferença estatística das demais amostras também consideradas escuras, enquanto as amostras "H", "D" e "I" foram classificadas como as mais claras na escala utilizada. Neste estudo, não foi possível

estabelecer relação entre os dados gerados pelas análises sensoriais e os demais parâmetros avaliados, entretanto, evidenciou-se a desuniformidade encontrada para o atributo cor entre os produtos comerciais de açúcar mascavo.

Grande variação também foi encontrada por Verruma-Bernardi et al. (2010) que, através de ADQ para 29 marcas comerciais de açúcar mascavo, constataram que os resultados obtidos se dispersaram em quase toda a escala de referência (1 a 9). Valores acima de 4,5 foram atingidos por 51,8% das amostras, sendo consideradas escuras, enquanto apenas oito amostras foram classificadas como claras, em valores abaixo de 4,0.

Araújo et al. (2011) apresentaram dez amostras de açúcar mascavo a 28 consumidores para que realizassem a ordenação de cor, em que 1 representou a cor a mais clara e 10 a mais escura. Verificaram que três amostras foram agrupadas como mais claras, seis amostras como intermediárias e apenas uma amostra como apresentando coloração escura. Os autores pressuporaram haver um certo padrão de mercado para a coloração intermediária uma vez que 60% das amostras foram inseridas neste grupo. Contudo, notou-se ainda variação na cor das amostras, o que pode ser explicado pela variedade da cana-de-açúcar utilizada além de fatores tecnológicos de produção do açúcar, expondo a necessidade de um nível de padronização que independa da safra da cana.

A variação entre os produtos também foi notada por Silva et al. (2018) que, realizando teste de ordenação para cinco marcas comerciais de açúcar mascavo, com auxílio de 30 avaliadores treinados, detectaram que a amostra enumerada “5” se destacou como sendo a mais escura, diferindo estatisticamente das demais, enquanto as amostras “2” e “14” assemelharam-se apresentando as colorações mais claras.

Bettani et al. (2014) realizaram teste de ordenação com 20 indivíduos não treinados, para oito amostras de açúcares cristal, demerara, mascavo e refinado especial. Os autores concluíram que as amostras denominadas "G", "D" e "F" foram classificadas como as mais escuras, sendo a primeira referente ao açúcar mascavo e as demais ao açúcar demerara, demonstrando a influência das etapas do processamento na coloração do produto final.

Durán et al. (2009) descrevem que os testes de preferência permitem acesso direto à aceitabilidade do consumidor (estabelecido ou potencial) quanto ao produto avaliado, sendo, por isso, também chamados de testes do consumidor. Os autores realizaram análises para avaliar a preferência de 100 consumidores quanto ao atributo cor do açúcar mascavo, não constatando diferenças estatísticas entre as três marcas avaliadas. Segundo eles, esta conclusão pode ser justificada pelo fato de 83% dos consumidores entrevistados serem do estado de Minas Gerais, o que os coloca em um mesmo padrão cultural e de hábitos.

Trabalho de Minguetti (2012) constatou não haver diferença estatística quanto à preferência do consumidor para o atributo cor ao avaliar seis amostras de açúcar mascavo advindos de matéria-prima cultivada em diferentes sistemas de produção. Resultados semelhantes foram vistos por Rós (2019) que, com auxílio de 55 julgadores, avaliou a preferência dos consumidores quanto o atributo cor, não detectando diferença estatística entre as 11 amostras de açúcar mascavo provenientes de sistema de cultivo orgânico ou convencional. Numericamente, destacaram-se as amostras MC1 (açúcar mascavo convencional) e MO1 (açúcar mascavo orgânico), demonstrando certa preferência dos provadores às colorações mais claras, visto que essas amostras correspondem às maiores médias do parâmetro luminosidade.

5.4.4.2. Granulometria

Oliveira, Esquiaveto e Silva-Júnior (2007) definem granulometria como o conjunto dos aspectos ‘tamanho médio do cristal’ e a ‘uniformidade’ que estes apresentam. Os autores pontuam que o impacto mais significativo da granulometria do açúcar é visto nas misturas sólidas, coberturas e, em menor grau, quando o açúcar é utilizado dissolvido, dado que menores cristais dissolvem mais facilmente, acelerando e facilitando processos.

Em contrapartida, cristais menores apresentam maior higroscopicidade e, portanto, são mais suscetíveis ao empedramento do produto. Os autores acrescentam ainda que cristais de açúcar que apresentam uniformidade e arestas bem formadas refletem mais a luz, acarretando um aspecto visual mais branco (OLIVEIRA, ESQUIAVETO E SILVA-JÚNIOR, 2007).

Corroborando com o supracitado, Lopes (2011) elucida que o empedramento pode ser causado por problemas granulométricos, sendo os cristais muito pequenos ou desuniformes os mais suscetíveis a este problema, visto que possuem alto número de pontos de contato entre os grânulos.

Minguetti (2012) observou os reflexos da umidade na granulometria das amostras de açúcar mascavo analisadas. O autor, considerando diferentes sistemas de produção no cultivo da cana-de-açúcar e sua influência na produção do açúcar mascavo, realizou análise descritiva quantitativa (ADQ) com auxílio de 19 provadores pré-selecionados e treinados. O tratamento que apresentou menor valor de granulometria (SCAQ – sistema convencional sem calcário e com adubo químico) foi o mesmo que apresentou maior teor de umidade.

Ainda por meio de análise descritiva quantitativa, Verruma-Bernardi et al. (2010) analisaram 29 marcas comerciais de açúcar mascavo quanto ao atributo arenosidade, cujas classes se distinguiram em percepção de partículas finas e percepção de partículas grossas. Os

resultados obtidos indicaram que 52% das amostras se estabeleceram na faixa de 4,0 a 6,0, considerada intermediária na escala. Ainda, foram possíveis distinguir estatisticamente duas amostras com arenosidade mais intensa e uma amostra apresentando menor valor para este atributo. Segundo os autores, maior arenosidade indica partículas maiores e mais grossas, dificultando a dissolução dos cristais no momento do consumo.

Estudo de Silva et al. (2018) realizou teste de ordenação com auxílio de 30 avaliadores não treinados, constatando diferença estatística entre os resultados, o que demonstra falta de padronização para as cinco marcas comerciais analisadas. De acordo com o teste, duas amostras foram classificadas como mais grossas, cujas umidades se estabeleceram em 0,81% e 1,64%, enquanto as três amostras restantes foram definidas como mais finas, apresentando teores de umidades de 3,24%, 1,52% e 3,03%.

Bettani et al. (2014) realizando testes de ordenação quanto à aparência granulosa em 8 amostras de açúcares cristal, demerara, mascavo e refinado especial, concluíram que as amostras denominadas "D", "F" e "A" foram classificadas como as mais grossas, sendo as duas primeiras referentes ao açúcar demerara e a última ao açúcar cristal orgânico. Enquanto isso, a amostra denominada "H", correspondente ao açúcar refinado especial convencional, foi classificada como a mais fina do grupo.

Rós (2019) realizou análise sensorial com auxílio de 55 julgadores, avaliando a preferência dos consumidores quanto ao atributo granulosidade visual. Os resultados obtidos variaram entre 6,0 (gostei ligeiramente) e 7,0 (gostei regularmente) para os açúcares mascavo convencionais, e na faixa de 5,7 (nem gostei, nem desgostei) à 8,0 (gostei muito) para os açúcares mascavo orgânicos. A amostra com maior média (8,0) no teste de preferência também apresentou a umidade mais baixa.

5.4.4.3. Aroma

Verruma-Bernardi et al. (2007) realizaram Análises Descritivas Quantitativas (ADQ) em nove marcas comerciais de açúcar mascavo quanto aos atributos aroma doce, aroma natural de cana e aroma caramelo. Para o primeiro atributo, foi possível observar três grupos estatísticos distintos, em que três amostras apresentaram maior intensidade e 1 amostra apresentou aroma doce menor. Já para o segundo, os autores constataram que todas as amostras se estabeleceram abaixo do valor intermediário da escala, sendo 4,4 o valor máximo encontrado para aroma natural de cana. Finalmente, para o terceiro, duas amostras diferiram como mais e menos intensas em relação ao aroma caramelo, apresentando-se na faixa de 3,3 a 5,4 na escala.

Verruma-Bernardi et al. (2010), através de ADQ, verificaram resultados semelhantes para aroma doce, constatando a formação de três grupos distintos, em que duas amostras expressaram maior intensidade, alcançando valores de até 7,3 na escala empregada, e 2 amostras apresentaram os menores valores, com resultado mínimo de 3,7. Para este atributo, 86% das amostras se enquadraram na faixa de 4,0 a 7,0, considerada intermediária.

Os autores também avaliaram os atributos aroma característico e aroma de rapadura. Para o primeiro, foram verificados que 45% dos açúcares testados se estabeleceram na faixa intermediária, apresentando valores de 4,0 a 6,0 na escala, enquanto mais de 34% das amostras expressaram valores maiores que 6,0, sendo classificadas em mais intensas quanto a este parâmetro. Por sua vez, 73% das amostras foram classificadas como intensas para aroma de rapadura, demonstrando ser uma característica comum para muitas marcas comercializadas (VERRUMA-BERNARDI et al., 2010).

Minguetti (2012) avaliou, dentre outras características sensoriais, o aroma de amostras de açúcar mascavo produzidos a partir de canas-de-açúcar submetidas a seis diferentes tratamentos de adubação. Nesse estudo, os sistemas de adubação que apresentaram as melhores médias para o atributo aroma foram SCCQ (sistema convencional com calcário e adubo químico), SCVQ (sistema convencional com corretivo orgânico e adubo químico) e SOCV (sistema orgânico com calcário e composto orgânico). Esse resultado de ADQ demonstra que o sistema de adubação utilizado durante o plantio da cana-de-açúcar pode influenciar nas características do produto final.

Em estudo analisando o aroma de diferentes tipos de açúcares (cristal convencional, orgânico cristal, orgânico demerara, cristal refinado e mascavo) por teste de ordenação, Bettani et al. (2014) encontraram que uma amostra de açúcar mascavo e duas de demerara orgânico foram as que apresentaram os maiores valores na somatória (126, 146 e 107, respectivamente), sendo consideradas as que possuem o aroma mais forte em comparação com os demais tipos de açúcar utilizados no estudo.

Retornando ao trabalho de Verruma-Bernardi et al. (2010), os testes de preferência do consumidor não constataram diferenças estatísticas entre as marcas de açúcares nas avaliações de aroma doce, característico e de rapadura. Entretanto, os autores sugeriram que àquelas com aromas mais fortes foram as preferidas, concluindo que amostras com menores intensidades podem ser imperceptíveis ao consumidor, perdendo o aspecto característico do produto.

5.4.4.3. Sabor

Trabalho de Verruma-Bernardi et al. (2007) realizou Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) em relação à percepção do sabor doce em nove marcas comerciais de açúcar mascavo. Os resultados obtidos classificaram cinco amostras como "fortes" para este atributo, em que 3 delas também haviam sido estabelecidas como mais intensas em relação ao aspecto aroma doce. Neste estudo, os autores não verificaram relação entre os resultados obtidos pela análise sensorial e os resultados obtidos na análise de polarização, isto é, teores de sacarose aparentes.

Outros atributos também foram avaliados pelos autores. Quanto ao sabor natural, os valores encontrados se estabeleceram na faixa de 3,6 a 5,1, enquanto para sabor caramelo, três amostras se distinguiram como mais intensas, sendo uma delas classificada também como a mais forte na avaliação de aroma caramelo. Já em relação ao sabor salgado, foram verificados dois açúcares com maior intensidade para este atributo, ratificando os valores encontrados pelos autores para teores de cinzas nestas amostras. Conforme citado anteriormente, um alto teor de cinzas pode conferir sabor salgado ao açúcar mascavo (VERRUMA-BERNARDI et al., 2007).

Verruma-Bernardi et al. (2010) analisaram o sabor característico de 29 marcas comerciais de açúcar mascavo através de ADQ, não constatando grande variação para este atributo. Resultados similares foram encontradas para gosto doce, em que 85% das amostras se situaram na faixa intermediária da escala. Já para sabor de rapadura, 52% das amostras atingiram valores superiores a 5,0, fator já esperado visto que os processamentos são bastante similares para ambos os produtos. Por fim, para gosto amargo, nenhuma amostra apresentou valores maiores a 5,0 na escala, sendo apenas três amostras superiores a 4,0 para este atributo.

Minguetti (2012) utilizou a ADQ como metodologia para avaliar o sabor (sabor doce e gosto amargo) de amostras de açúcar mascavo oriundas de canas submetidas a diferentes sistemas de adubação. O tratamento SCVQ (Sistema convencional com corretivo orgânico e adubo químico) apresentou o melhor desempenho para o atributo sabor doce, enquanto os demais não apresentaram diferença significativa entre si. O autor sugere que há uma relação entre sabor e aroma, dado que para ambos os parâmetros os resultados coincidem. Em relação ao gosto amargo, o tratamento que apresentou melhor desempenho foi SCAQ (Sistema convencional sem calcário e adubo químico), sendo possível estabelecer relação ao teor de cinzas encontrado em sua composição, o menor valor do grupo de amostras.

Em outro estudo, Bettani et al. (2014), ao avaliarem características sensoriais de diferentes tipos de açúcar (cristal convencional, orgânico cristal, orgânico demerara, cristal refinado e mascavo) e submetê-los ao teste de ordenação, não encontraram diferenças

significativas entre as amostras em relação ao parâmetro sabor (atributo doçura), ainda que a amostra de açúcar mascavo tenha apresentado o maior valor no somatório (104) em relação às demais amostras.

Também não foram encontradas diferenças significativas nos resultados obtido por Rós (2019) analisando 11 amostras de açúcares mascavos provenientes de cultivo convencional e orgânico. Os autores avaliariam a preferência dos consumidores quanto ao atributo aroma característico, encontrando valores de 6,1 a 7,6 (gostei ligeiramente e gostei regularmente) para açúcar mascavo convencional e de 5,7 a 7,9 (nem gostei, nem desgostei e gostei regularmente) para o açúcar mascavo orgânico, sendo o atributo com menor variação entre as opiniões dos avaliadores.

5.4.5. Características microbiológicas

Os microrganismos desempenham papéis relevantes nos alimentos, podendo acarretar alterações benéficas e, neste caso, são adicionados intencionalmente, ou alterações prejudiciais, resultando na deterioração microbiana do produto. Nesta última, as atividades metabólicas dos microrganismos provocarão modificações no sabor, odor, aspecto e textura do alimento, além de, em algumas espécies denominadas patogênicas, causarem doenças ao homem e aos animais (FRANCO, 2008b).

Segundo Parazzi et al. (2009), os aspectos que favorecem a ocorrência de contaminação microbiológica no açúcar mascavo resultam, de forma geral, da falta de observação e cumprimento de normas básicas, como ausência de boas práticas de fabricação (BPF) e análise de perigos e pontos críticos de controle (APPC), essenciais para produzir alimentos microbiologicamente seguros.

5.4.5.1. Coliformes totais

A RDC n° 12 estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, de 02 de janeiro de 2001 define os coliformes à 45°C como o grupo de coliformes de origem fecal e os termotolerantes, preconizando valores limites de 10² Número Mais Provável (NMP)/g para a categoria ‘açúcar cristal não refinado, açúcar mascavo e demerara, melado, melaço e rapadura e similares’ (BRASIL, 2001).

De acordo com Silva et al. (2017b), os coliformes totais constituem-se de enterobactérias que possuem capacidade de fermentar lactose à 35°C, com produção de gás, enquanto os coliformes termotolerantes são um subgrupo dos coliformes totais referente aos organismos capazes de fermentar lactose de 44,5 à 45,5°C. Comumente chamados coliformes fecais, este termo vem sendo gradativamente substituído por coliformes tolerantes uma vez

que o primeiro objetiva definir somente enterobactérias oriundas do trato gastrointestinal, como *Escherichia coli*, quando na realidade este grupo abrange também membros que não apresentam origem fecal, à exemplo, *Klebsiella pneumoniae*

O grupo de coliformes de origem fecal e os termotolerantes são microrganismos indicadores, isto é, alertam para más condições sanitárias da planta de fabricação do alimento, dado que estes microrganismos são facilmente inativados por produtos sanitizantes, advertindo também para falhas no processamento pois, comumente, não sobrevivem ao tratamento térmico (SILVA et al., 2017b).

Analisando marcas de açúcar mascavo, demerara e coco comercializados a granel em Maceió (AL) quanto à sua qualidade microbiológica, Souza et al. (2018) constataram a presença de coliformes totais em 100% das amostras testadas (**Tabela 8**). Na quantificação dos coliformes à 45°C, observaram resultados de 240 e 460 NMP/g (número mais provável por grama de produto) em duas das dez amostras de açúcar mascavo, valores que ultrapassaram o permitido pela legislação federal.

Em contrapartida, estudos de Silva et al. (2018) demonstraram que, para todas as 15 marcas comerciais de açúcar mascavo testadas, as análises microbiológicas não indicaram contaminação por coliformes acima de 0,3 NMP/g, comportamento também observado em trabalho de Jesus (2010) que determinou resultados inferiores a 0,3 NMP/g para amostras coletadas de diferentes lotes de dez marcas comerciais.

Generoso et al. (2009) determinaram a ausência de coliformes para variados lotes de dez marcas comerciais de açúcar mascavo, resultados análogos aos observados por Araújo et al. (2011) em amostras de diferentes lotes de uma marca comercial deste produto, e Parazzi et al. (2009) que também constataram resultados negativos para presença destes microrganismos em açúcares cristal, refinado e mascavo. Do mesmo modo, Rós (2019), ao estudar açúcares mascavo oriundos de matéria-prima produzida em sistema orgânico e convencional, observou a ausência de coliformes à 45 °C para as 11 amostras submetidas à análise.

Tabela 8. Valores recomendado por legislações nacionais e padrões internacionais para os parâmetros Coliformes à 45°C, *Salmonella spp.*, Bactérias mesófilas e Bolores e leveduras; e dados encontrados na literatura acerca destes parâmetros no açúcar mascavo.

Am. ¹	Colif. ⁴		Salmonela		Bact. Mes. ⁵		Bol. e Lev. ⁶		Referência
	Mín. ²	Máx. ³	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
-	-	-	-	-	-	-	-	10 ²	IN nº 60 de 23 de dezembro de 2019 (BRASIL, 2019)
-	-	10 ²	-	-	-	-	-	-	RDC nº 47, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL,2001)
-	-	-	-	Aus.	-	-	-	-	RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001)
-	-	-	-	-	-	50	-	50	National Canners Association (1968)
10	-	Aus.	-	Aus.	4	37	Aus.	5	Araújo et al. (2011)
31	-	Aus.	-	Aus.	4	1632,5	0,5	32,5	Generoso et al. (2009)
10	-	<0,3	-	Aus.	<1	225	<1	49	Jesus (2010)
36	-	Aus.	-	-	-	-	Aus.	119	Parazzi et al. (2009)
11	-	Aus.	-	Aus.	-	-	-	-	Rós (2019)
15	-	<0,3	-	Aus.	<1	72	<1	930	Silva et al. (2018)
10	3	460	-	-	-	-	100	62000	Souza et al. (2018)
9	-	-	-	-	4	600	Aus.	45	Verruma-Bernardi et al. (2007)

1. Número de amostras; 2. Mínimo; 3. Máximo; 4. Coliformes à 45°C (NMP/g); 5. Bactérias mesófilas (UFC/g); 6. Bolores e leveduras (UFC/g).

5.4.5.2. Salmonela

Para Machado (2012), entre as possíveis contaminações microbiológicas do açúcar mascavo, a salmonela é a que gera maior preocupação, uma vez que as bactérias dessa classe podem causar problemas gastrointestinais e, em determinados casos, até a morte do indivíduo. A manipulação inadequada e a matéria-prima utilizada são os fatores de origem deste problema. No Brasil, a RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, da ANVISA, estabelece que os açúcares mascavo, demerara, cristal não refinado e similares devem apresentar ausência de *Salmonella sp.* para cada 25g de produto (BRASIL, 2001)

Neste viés, Araújo et al. (2011) averiguaram que, para todas as dez amostras de açúcar mascavo testadas, todas entraram em conformidade com a legislação, apresentando ausência de *Salmonella sp.*, o que indica boas práticas durante a fabricação. O mesmo foi observado nos estudos de Generoso et al (2009), Jesus (2010), Silva et al (2018) e Rós (2019) que constataram a ausência deste microrganismo para todas as amostras analisadas, conforme **Tabela 8**.

5.4.5.3. Bactérias mesófilas

Verruma-Bernardi et al. (2007) definiram as bactérias mesófilas como espécies cuja temperatura ótima se encontra na faixa de 30 à 35°C, sendo capazes de sobreviver a tratamentos menos severos. Assim, conforme afirmado por Parazzi et al. (2009), elevadas concentrações de bactérias aeróbias mesófilas em açúcar apontam deficiência nas condições de higiene do local de produção e no processo de fabricação do produto, conseqüentemente, reduzindo a sua vida de prateleira. Embora a legislação brasileira não preconize limites toleráveis para esta classe de microrganismos, padrões microbiológicos internacionais recomendam valores inferiores a 50 UFC/g no que tange o açúcar (NATIONAL CANNERS ASSOCIATION, 1968).

Como exibido na **Tabela 8**, Araújo et al. (2011) detectaram a presença de bactérias mesófilas em todas as dez amostras averiguadas, com valores que variaram de 4 até 37 UFC/g, estando ainda dentro dos parâmetros estipulados. Em contrapartida, Verruma-Bernardi et al. (2007), analisando nove marcas comerciais de açúcar mascavo, determinaram valores na faixa de 4 a 600 UFC/g, sendo apenas três amostras consoantes com o recomendado.

Estudos de Jesus (2010) examinaram variados lotes de dez marcas comerciais de açúcar mascavo, constatando contaminações por bactérias mesófilas desde valores mínimos,

menores que 1, até o valor máximo de 225 UFC/g. Assim, quatro marcas comerciais analisadas estavam acima do limite recomendado pela *National Canners Association* (1968), destacando-se a marca denominada "F", em que 4 dos 5 lotes avaliados demonstraram contaminações expressivamente superiores ao estabelecido, em uma faixa de 104 a 200 UFC/g para estas amostras.

Estes resultados foram ratificados por Generoso et al. (2009) que verificaram teores de bactérias mesófilas na faixa de 4 a 1632,5 UFC/g, concluindo que dez das 31 amostras não estavam em conformidade com as recomendações supracitadas. Analogamente, Silva et al. (2018) analisando 15 amostras de marcas comerciais de açúcar mascavo, constataram desde valores menores que 1 até valores de 72 UFC/g, verificando que quatro marcas não se enquadraram nos limites referidos.

5.4.5.4. Bolores e leveduras

No que tange a contaminação microbiológica de alimentos, os bolores e leveduras são fatores importantes, cujos limites de presença no açúcar mascavo não são preconizados pela legislação brasileira. Valores máximos permitidos de bolores e leveduras são estabelecidos somente para a categoria 'açúcares, edulcorantes e adoçantes de mesas sólidos', em 10^2 UFC/g, pela Instrução Normativa (IN) n° 60, de 23 de dezembro de 2019, da ANVISA (BRASIL, 2019). Recomendações para açúcar também são estipulados por padrões microbiológicos internacionais, em que o limite máximo é 50 UFC/g (NATIONAL CANNERS ASSOCIATION, 1968).

Os bolores constituem-se em um grupo de fungos filamentosos versáteis que assimilam qualquer fonte de carbono oriunda dos alimentos, enquanto as leveduras, muitas vezes, não podem assimilar carboidratos e nitratos complexos, limitando o leque de alimentos suscetíveis à este microrganismo. Ambos os grupos possuem grande resistência às adversidades, como baixa atividade de água e pH ácido, sendo os bolores muito eficientes em utilizar pequenas quantidades de oxigênio, e as leveduras capazes de crescer na ausência total deste elemento (SILVA et al., 2017a).

Estudo de Generoso et al. (2009) averiguou que, para todas as 31 marcas comerciais de açúcar mascavo testadas, os bolores e leveduras mantiveram-se dentro da faixa recomendada, em valores de 0,5 a 32,5 UFC/g, assim como os resultados identificados por Araújo et al. (2011) que variaram entre a ausência destes organismos até valores de 5 UFC/g, para as dez amostras observadas (**Tabela 8**). Jesus (2010), avaliando lotes de dez marcas comerciais de açúcar mascavo, verificou contaminações por bolores e leveduras em teores

desde menores que 1 até o valor máximo de 49 UFC/g, bem como Verruma-Bernardi et al. (2007) ao observar nove marcas comerciais de açúcar mascavo, que determinou contaminação máxima encontrada em concentração de 45 UFC/g, entrando em conformidade com os padrões de 50 e 100 UFC/g.

Em oposição, trabalho de Souza et al. (2018) encontraram contaminação por bolores e leveduras em 84% das amostras de açúcar de coco, mascavo e demerara analisadas, constatando-se que apenas uma das amostras de açúcar mascavo entrou em conformidade com as recomendações da ANVISA, com teor de 10^2 UFC/g. Silva et al. (2018) identificaram que 2 das 15 amostras de açúcar mascavo analisadas ultrapassaram os limites recomendados para bolores e leveduras, com valores de 210 e 930 UFC/g.

Por sua vez, Parazzi et al. (2009), verificaram contaminações por bolores e leveduras em todas as 12 marcas de açúcar mascavo coletadas no primeiro ano de realização do estudo, observando que em apenas uma delas o valor ultrapassou as recomendações supracitadas, atingindo 119 UFC/g. Comportamento similar foi visto nas amostras coletadas ao segundo ano de pesquisa, em que todas as amostras de açúcar mascavo apresentaram contaminações, entretanto, dessa vez, não foram verificados valores acima do sugerido. Ressalta-se que, durante o segundo ano de coletas, outras formas de açúcares foram analisadas, entre elas, duas de três amostras de açúcar cristal e uma de três amostras de açúcar refinado não apresentaram contaminações por bolores e leveduras. Nas amostras contaminadas para estes dois açúcares, as contagens não ultrapassaram o valor de 4 UFC/g. Os autores justificam as maiores contaminações para açúcar mascavo como sendo consequência de seus teores de umidade mais elevados, o que permite a multiplicação de microrganismos.

5.4.6. Rotulagem

De acordo com Belé et al. (2019), a rotulagem é um aspecto bastante considerado pelos consumidores e que nem sempre recebe a devida importância pelos produtores de derivados da cana-de-açúcar. Assim, embora se trate de uma mercadoria artesanal, produzida a partir de técnicas elementares, o uso de rótulos adequados que respeitem as normas impostas pela legislação é um fator importante pois agrega credibilidade quanto à qualidade e a procedência do produto.

Anteriormente, a RDC n° 360 de 23 de dezembro de 2003 aprovava o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Entretanto, recentemente, essa resolução foi revogada em prol da RDC n° 429 de 8 de outubro de 2020, à entrar em vigor após decorridos 24 meses da sua

publicação, que dispõe sobre a mesma temática e traz instruções sobre a nova rotulagem nutricional frontal. Ademais, a IN n° 75, de 08 de outubro de 2020 estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional dos alimentos embalados (BRASIL, 2020a, 2020b).

As legislações supracitadas preconizam, entre outros critérios, que a composição nutricional do alimento comercializado deve ser declarada no rótulo do produto, informando sobre seu valor energético, carboidratos, açúcares totais e adicionados, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibras e sódio, além de poderem ser declarados, opcionalmente, vitaminas e minerais que apresentem teores iguais ou maiores à 5% da ingestão diária recomendada (BRASIL, 2020a, 2020b).

Neste sentido, trabalho de Faria (2012) analisou as embalagens de oito marcas de diferentes tipos de açúcares (cristal, demerara, mascavo e refinado), constatando similaridade entre elas. Com exceção da amostra denominada "F", referente à açúcar demerara orgânico, todas os rótulos demonstraram conformidade com a legislação aprovada em 2003.

Por sua vez, Generoso et al. (2009) comparou as informações descritas nos rótulos de 31 marcas comerciais de açúcares, verificando também elevada semelhança nas apresentações das embalagens. Os autores observaram que duas amostras não apresentavam tabela de composição nutricional e cinco amostras não apresentavam dados sobre teores de carboidratos. Análises laboratoriais feitas no estudo indicaram que das 26 marcas que informavam sobre os teores de carboidratos, 14 delas não eram coerentes com os verdadeiros valores encontrados no produto. Além disso, os autores constataram que 11 das embalagens não incluíam informações acerca de proteínas, e 10 não apresentavam os teores de gorduras totais. Ainda neste estudo, foi observado que seis amostras expressaram seus valores energéticos apenas em Kcal, não inserindo os valores em kJ, critério exigido pela legislação.

Outros derivados artesanais de cana-de-açúcar também já foram avaliados quanto à sua rotulagem, como é o caso de 15 marcas de melado observadas por trabalho de Vicentini-Polete (2019). Não houve padrão entre as embalagens analisadas, sendo ainda observada heterogeneidade em relação às porções utilizadas como referência na tabela nutricional, as quais apresentaram discrepância quanto à unidade de medida (mililitros e gramas) e quanto à unidade caseira (colheres de sopa).

A elaboração de embalagens adequadas, bem como o registro de marcas, são fatores que agregam valor aos artigos artesanais, dado que a melhoria na apresentação do produto transmite maior confiança ao consumidor. Em especial no mercado de cachaça e rapadura, embalagens modernas têm mudado a concepção de que esses produtos são sinônimos de baixo

custo e baixa qualidade. Entretanto, o desenvolvimento de rotulagens diferenciadas muitas vezes ocorre em agroindústrias de maior infraestrutura com auxílio de empresas especializadas. Em empresas de menor porte, comumente as embalagens são desenvolvidas de forma empírica pelo produtor, podendo não atender aos padrões de qualidade esperados (IEL, 2005).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Significativa heterogeneidade em relação aos parâmetros avaliados foi identificada entre os produtos de açúcar mascavo estudados na literatura, circunstância que prejudica a consolidação do produto no mercado, ainda que se observe uma crescente demanda por alimentos naturais e artesanais. A manutenção de um padrão de qualidade no produto é fator essencial para sua comercialização pois suscita credibilidade ao consumidor, enquanto uma grande variação em elementos sensoriais, conforme foi relato neste estudo, pode ser fator decisório para a rejeição da compra.

Diversos fatores capazes de interferir na qualidade do produto obtido foram averiguados, entre eles, aspectos como a temperatura e o tempo de aquecimento, técnicas de correção do pH, higiene dos equipamentos utilizados e, ainda, as características e composição da matéria prima utilizada. Neste viés, foram constatados diferentes fluxogramas de produção do açúcar mascavo, cujas etapas realizadas ou ausentes, bem como sua ordem de execução, são variáveis para cada agroindústria familiar ou produtor artesanal, o que também justifica as dessemelhanças encontradas no produto final.

Fator intensificador deste cenário é a escassez de legislações nacionais que estabeleçam intervalos de tolerância para as características químicas, físicas, físico-químicas e microbiológicas do açúcar mascavo. Normativas e resoluções que abordassem estes critérios para o açúcar mascavo, possuiriam papel fundamental como diretrizes para as pequenas unidades produtoras e as agroindústrias familiares, elevando o posicionamento do produto na perspectiva do consumidor. Além disso, uma vez que o produto atendessem à requisitos de qualidade, tornar-se-ia possível a expansão do mercado à novos nichos de consumo, fortalecendo a agricultura familiar e permitindo ao produtor manter-se no mercado.

Ademais, pontua-se a necessidade de se elaborar metodologias específicas ao açúcar mascavo para análise de parâmetros uma vez que, embora este produto seja originado da mesma matéria-prima que os demais tipos de açúcares, seu processamento é bastante diferente, não sendo possível, muitas vezes, alcançar critérios esperados para o açúcar refinado, por exemplo. Neste contexto, cabe destacar que, anteriormente, trabalhos

acadêmicos sugeriram valores de referência para alguns parâmetros, os quais foram questionados por literaturas mais atuais como sendo impraticáveis, ressaltando a necessidade de novos estudos que validem ou não as recomendações realizadas previamente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L.A. **Açúcar mascavo adicionado de açúcar bruto de alta polarização (Very High Polarization- VHP): uma avaliação tecnológica visando o desenvolvimento rural da agroindústria familiar**. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.

ANDRADE, L.A.; MEDEIROS, S.D.S.; BORGES, M.T.M.R. Avaliação das características físico-químicas do açúcar mascavo adicionado de açúcar bruto de alta polarização. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-7, 2018.

ARAÚJO, E. R. **Avaliação de impactos ambientais da agroindustrialização canavieira na Cooperativa de Produção Agropecuária Vitória (COPAVI): um estudo de caso da produção de açúcar mascavo**. 2011. 79f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2011.

ARAÚJO, E.R.; BORGES, M.T.M.R.; CECCATO-ANTONINI, S.R.; VERRUMABERNARDI, M.R. Qualidade de açúcares mascavo produzidos em um assentamento da reforma agrária. **Revista Brasileira de Alimentos e Nutrição**, v. 22, n.4, p.617-621, 2011.

ARAÚJO, L. F.; NAVARRO, L. A. O.; COELHO, R. R. P. SILVA, E. V.; SILVA, O. S.; FELIX, R. A. A. R. **Análise físico-química de alimentos**. Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2021. 81p.

BELÉ, J. S. A. H. S. **Análise da qualidade microbiológica e sujidades em melado de cana-de-açúcar**. 2019. 68f. Dissertação (Mestrado) – Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019.

BETTANI, S. R.; LAGO, C. E.; FARIA, D. A. M.; BORGES, M. T. M. R.; VERRUMABERNARDI, M. R. Avaliação físico-química e sensorial de açúcares orgânicos e convencionais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 2, p. 155-162, 2014.

BOVI, R.; SERRA, G.E. Folhas verdes, folhas secas, fibra do colmo e a clarificação do caldo de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 457-463, set. 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução normativa IN nº 60, de 23 de dezembro de 2019. **Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos**.. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>>. Acesso em 25 mai. 2021

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução normativa IN nº 75, de 08 de outubro de 2020. **Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados**. 2020b. Disponível em:

<http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN_75_2020_COMP.pdf/e89784b5-ed18-4bdd-a4d4-139724a56d4d>. Acesso em 25 mai. 2021

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução normativa nº 88, de 26 de março de 2021. **Estabelece os limites máximos tolerados (LMT)**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-88-de-26-de-marco-de-2021-311655598>>. Acesso em 25 mai. 2021

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html>. Acesso em 25 mai. 2021

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 271, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o regulamento técnico para açúcares e produtos para adoçar**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0271_22_09_2005.html#:~:text=Regulamento%20T%C3%A9cnico%20de%20Procedimentos%20Operacionais,2002>. Acesso em 25 mai. 2021

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 429, de 08 de outubro de 2020. **Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados**. 2020a. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/RDC_429_2020_COMP.pdf/2ed9794e-374c-4381-b804-02b1f15d84d2>. Acesso em 25 mai. 2021

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução normativa Nº 47, de 30 de agosto de 2018. **Estabelece o Regulamento Técnico do Açúcar**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/39939558/do1-2018-09-06-instrucao-normativa-n-47-de-30-de-agosto-de-2018-39939440>. Acesso em 25 mai. 2021

BUARQUE, S; CAVALCANTI, J. A.; ARRUDA, A. C.; AGUIAR, E.; SOUSA, E. M. A.; SOUSA, G. A.; FAVERO, I.; COELHO, J. T.; DANTAS, V.; LOPES, J.; JERÔNIMO, B. **Cadeia produtiva da indústria sucroalcooleira: cenários econômicos e estudos setoriais**. Cadernos Setoriais, SEBRAE. Recife, Pernambuco, 2008, 51p.

CARVALHO, R. F. **Beneficiamento dos derivados da cana-de-açúcar (melado e açúcar mascavo)**. Dossiê Técnico, 2007.

CASTRO, S.B.; ANDRADE, S.A.C. **Tecnologia do açúcar**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2007. 382 p.

CAVALCANTI, J.R.A.; ARAÚJO, H.J.T.; OLIVEIRA, R.S.; LIRA, D.A.; SILVA, C.M. Determinação de chumbo e cádmio em açúcar comercializado na cidade de Recife. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 1, p. 556-560, 2016

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2007. 208 p.

CHAVES, J.B.P.; FERNANDES, A.R.; SILVA, C.A.B. Produção de açúcar mascavo, melado e rapadura. In: SILVA, C.A. B. da; FERNANDES, A. R. (ed.). **Projetos de empreendimentos agroindustriais: produtos de origem vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. Cap. 4. p. 119-169.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, quarto levantamento, safra 2019/2020**. Brasília: CONAB, abril 2020.

DELGADO, A. D.; DELGADO, A. P. **Produção do açúcar mascavo, rapadura e melado**. Piracicaba: STAB, 1999, 154 p.

DIAS, N. A. A.; LARA, S. B.; MIRANDA, L. S.; PIRES, I. S. C.; PIRES, C. V.; HALBOTH, N. V. Influence of color on acceptance and identification of flavor of foods by adults. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 296-301, 2012.

DURÁN, E.; PEREZ, R.; CARDOSO, W.; PÉREZ, O. Análise colorimétrica de açúcar mascavo e sua aceitação no mercado de Viçosa-MG, Brasil. **Temas Agrários**, v. 17, n. 2, p. 30-42, 2012.

ELIA NETO, A. (coord.). **Manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética**. Brasília: Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; União da Indústria da Cana-de-Açúcar, Centro de Tecnologia Canavieira, 2009. 288 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Legislação específica de alimentos**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/legislacaoalimentos_000fgqfs0fv02wyiv8020uvkpsom46kk.htm. Acesso em 25 mai. 2021

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations, 2021. **Crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em 25 mai. 2021

FARIA, D. A. M. Estudo **nutricional e sensorial de açúcares cristal, refinado, demerara e mascavo orgânicos e convencionais**. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria: Princípios e aplicações na agricultura. *In: Instrumentação em frutas e hortaliças*. 1. ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 209–220. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/170416/1/Parte-4-cap-1-Colorimetria-....pdf>>. Acesso em 25 mai. 2021

FRANCO, B.D.G.M. Fatores intrínsecos e extrínsecos que controlam o desenvolvimento microbiano nos alimentos. *In: FRANCO, B.D.G.M; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos*. Atheneu, 2008a. Cap. 2. p. 13-25

FRANCO, B.D.G.M. Importância dos microrganismos nos alimentos. *In: FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos*. Atheneu, 2008b. Cap. 1. p. 1-12

GENEROSO, W.C.; BORGES, M.T.M.R.; CECCATO-ANTONINI, S.R.; MARINO, A.F.; SILVA, M.V.M; NASSU, R.T.; VERRUMA-BERNARDI, M.R. Avaliação microbiológica e físico-química de açúcares mascavo comerciais. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v. 68, n. 2, p. 259-268, 2009.

GUERRA, M.J.; VIRGINIA-MUJICA, M. Physical and chemical properties of granulated cane sugar. *Food Science And Technology*, v.30, n.1, p. 250-257, mar 2010.

GUTEMBERG, B.S. **Colorimetria: propagação dos erros e cálculo da incerteza de medição nos resultados espectrofotométricos**. 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Metrologia Para Qualidade Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ICMSF. International Commission on Microbiological Specifications For Foods. Açúcar, Xaropes e Mel. *In: _____*. **Microrganismos em alimentos**. São Paulo: Blucher, 2015. Cap. 19. p. 367-374.

IEL. INSTITUTO EUVALDO LODI. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) (Coords.). **O novo ciclo da cana: Estudo sobre a competitividade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar e prospecção de novos empreendimentos**. Brasília: IEL/NC; SEBRAE, 2005. 337 p. ISBN 85-87257-18-8

JAFFÉ, W. R. Nutritional and functional components of non centrifugal cane sugar: a compilation of the data from the analytical literature. *Journal of Food Composition And Analysis*, v. 43, p. 194-202, 2015.

JAMBASSI, J. R. **Aspectos da qualidade do açúcar: impactos de diferentes condições de armazenamento e método de classificação por espectroscopia Raman**. 2017. 147f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

JERONIMO, E. M.; DOS ANJOS, I. A.; LANDELL, M. G. A. Açúcar mascavo: potencial de produção e diferenças em relação ao açúcar refinado. *Pesquisa & Tecnologia*, v. 13, n. 1, 2016.

JERONIMO, E.M.; PINOTTI, R.N.; ARRUDA, M.C.; CRUZ, J.C.S.; HENRIQUE, C.M.; PRATI, P.; VERDI, A.R.; PAZINATO, B.C.; BERALDO, M.A.P.; ISHICAVA, S.M. **Produção artesanal de derivados de cana-de-açúcar: Açúcar mascavo – melado – rapadura.** Campinas, CDRS, 2020. 57p. (Instrução prática, 277).

JESUS, D.A. **Qualidade microbiológica de amostras de açúcar mascavo.** 2010. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

TEIXEIRA, L.V.. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

JUNQUEIRA, R.A.R.; MORABITO, R. Modeling and solving a sugarcane harvest front scheduling problem. **International Journal of Production Economics**, v. 213, p. 150-160, 2019.

LAMSAL, K.; JONES, P.C.; THOMAS, B.W. Sugarcane harvest logistics in Brazil. **Transportation Science**, v. 51, n. 2, p. 771-789, 2017.

LEITE, R.C.C.L.; SOBRAL JUNIOR, M.; LEAL, M.R.L.V.; CORTEZ; L.A.B (org.). **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil.** Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), 2009. 536p.

LIMA, E. C. C. B. **Utilização de quitosana no processo de clarificação do caldo de cana para fabricação de açúcar do tipo mascavo.** 2005. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

LIMA, L.R.; MARCONDES, A.A. Tratamentos preliminares da cana-de-açúcar para produção de açúcar e álcool. *In*: MARCONDES, A. de A.; LIMA, L. da R. **Álcool carburante: uma estratégia brasileira.** Curitiba: UFPR, 2002. Cap. 3. p. 63-77.

LIMA, T. M. **Estudo energético do bagaço de diferentes variedades de cana-de-açúcar.** 2011. 73f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2011.

LOPES, C.H. **Tecnologia de produção de açúcar da cana.** São Carlos: EdUFSCar, 2011. 183 p.

LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R. **Produção de açúcar mascavo, rapadura e melado de cana.** CNA, SEBRAE, SENAR: Capacitação Tecnológica para a Cadeia Agroindustrial. Rio Grande do Sul, 1998.

MACHADO, S. S.. **Tecnologia da fabricação do açúcar.** Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 56 p.

MANTELATTO, P. E. **Estudo do processo de cristalização de soluções impuras de sacarose de cana-de-açúcar por resfriamento.** 2005. 235f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

MATEUS, F.O. (org.). **Fabricação de açúcar mascavo, melado e rapadura: uso produtivo e eficiente da energia elétrica.** Rio de Janeiro: Embrapa, 2014. (Série Centros Comunitários de Produção). 77 p.

MESSA, S.; NESPOLO, C.R. Produção e composição de diferentes tipos de açúcar. **SB Rural**, v. 9, n. 06, 2018. Disponível em: <http://www.ceo.udesc.br/arquivos/id_submenu/285/rural_202.pdf>. Acesso em 25 mai. 2021

MINGUETTI, F. F. **Influência dos sistemas de produção, convencional e orgânico, na qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e do açúcar mascavo.** 2012. 76f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012.

NATALINO, R. **Caracterização de açúcar mascavo aplicando análise das componentes principais a dados espectrométricos.** 2006. 52 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NATIONAL CANNERS ASSOCIATION. **Laboratory manual for food canners and processors: analysis, sanitation, and statistics.** 3. ed. AVI Publishing Company, 1968. 2 v.

NEPA. NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO).** Campinas: Unicamp, 2011. 164 p.

NUNES, R. F. **Influência do processamento na qualidade do açúcar mascavo produzido por agroindústrias familiares de Santo Antônio da Patrulha-RS.** 2018. 49f. Monografia (Especialização em Qualidade e Segurança de Alimentos) – Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Santo Antônio da Patrulha, 2018.

NURSTEN, H.E. **The Maillard reaction: chemistry, biochemistry and implications.** Royal Society Of Chemistry, 2005. 214 p.

OLIVEIRA, D. T.; ESQUIAVETO, M. M. M.; SILVA JÚNIOR, J. F. Impacto dos itens da especificação do açúcar na indústria alimentícia. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 99-102, 2007.

OLIVEIRA, E. R. **Procedimentos e normas para o acompanhamento de análise da qualidade da cana-de-açúcar.** Technical Rapport. ORPLANA–Organization of Sugarcane Growers from the South-Central Region of Brazil, 2013. 89p. Disponível em: <http://www.cana.com.br/biblioteca/manual_consecana_2013.pdf>. Acesso em 25 mai. 2021

ORSOLIN, J. **Gestão da comercialização na cadeia agroindustrial familiar do açúcar mascavo.** 2002. 185f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002

PARAZZI, C.; JESUS, D.A.; LOPES, J.J.C; VALSECHI, O.A. Análises Microbiológicas do Açúcar Mascavo. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 3, p. 32-40, 2009.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. 196 p.

RÓS, R.R. **Caracterização química, físico-química, higiênico-sanitária e sensorial de açúcar mascavo produzido por sistemas convencional e orgânico**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

SILVA, A. F. S. **Caracterização e determinação de minerais em amostras de açúcares brasileiros**. 2017. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017a.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; GOMES, R.A.R.; OZAZAKI, M.M. Contagem de bolores e leveduras. In: _____. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2017a. Cap. 7. p. 87-106.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; GOMES, R.A.R.; OZAZAKI, M.M. Contagem de coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. In: _____. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2017b. Cap. 9. p. 117-137.

SILVA, R. F. **Qualidade microbiológica, físico-química, instrumental e sensorial de marcas de açúcares mascavo**. 2017. 53f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017b

SILVA, R. F.; BUENO, A. C.; RAMOS, P. J. R. B.; ORLANDI, R. D. M.; BORGES, M. T. M. R.; MEDEIROS, S. D. S.; CECCATO-ANTONINI, S. R.; MARTIN, J. G. P.; SPOTO, M. H. F.; VERRUMA-BERNARDI, M.R. Avaliação da qualidade de açúcares mascavado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 1098-1106, 2018.

SOUZA, E.C.; LIMA, S.C.C.; SANTOS, M.R.S.; TEIXEIRA, F.G.B.; BARROS, Y.V.R.. Condições sanitárias de açúcar mascavo, demerara e de coco comercializados a granel na cidade de Maceió, A.L. **Higiene Alimentar**, v. 32, n. 284/285, p. 99-103, 2018.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; BORGES, M. T. M. R.; LOPES, C. H.; MODESTA, R. C. D. Microbiological, physical-chemical and sensory evaluations of brown sugars commercialised in the city of São Carlos, Brazil. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.10, n. 3, p. 205-211, 2007.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; SILVA, T. G. E. R., BORGES, M. T. M. R.; LOPES, C. H.; DELIZA, R. Avaliação sensorial de açúcar mascavo. **Brazilian Journal of Food Technology**, 6º SENSIBER, p. 29-38, ago. 2010.

VICENTINI-POLETTE, C.M.. **Caracterização físico-química e sensorial de melados comerciais de cana-de-açúcar**. 2019. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de

Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019.

VIEIRA, M. C. A.; LIMA, J. F.; BRAGA, N. M. Setor sucroalcooleiro brasileiro: evolução e perspectivas. **Perspectivas do investimento**, p. 207-245, 2007. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/liv_perspectivas/07.pdf

WILWERTH, M.W.; SILVA, C.V.N.; SOUZA, G.B.; BERNARDI, A.C.C.; LOPES, C.H.; BORGES, M.T.M.R.; VERRUMA-BERNARDI, M.R. Determinação de minerais e metais pesados em açúcar mascavo. *In*: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UFSCAR, 8, 2009, Araras. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2009.

ZACURA-FILHO, G.; PICCIRILLI, J.P. **O processo de fabricação do açúcar e álcool**: desde a lavoura da cana até o produto acabado. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2012. 272 p.