

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA

MARIA CRISTINA SOUTO BARROS

PESQUISA DO TEOR DE SULFITO EM AÇÚCAR
COMERCIALIZADO EM ITUMBIARA - GO

ITUMBIARA-GO

2018



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Maria Cristina Souto Barros

Matrícula: 20131040030186

Título do Trabalho: Pesquisa do teor de sulfito em açúcar comercializado em Itumbiara-GO

Autorização - Marque uma das opções

- ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
- ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Itumbiara, Goiás 04/02/2021.
Local Data

Maria Cristina Souto Barros

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

MARIA CRISTINA SOUTO BARROS

PESQUISA DO TEOR DE SULFITO EM AÇÚCAR COMERCIALIZADO EM
ITUMBIARA - GO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado dentro do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Câmpus Itumbiara, como parte dos requisitos para a conclusão do Curso de Licenciatura em Química e obtenção do título de licenciado em Química.

Área de concentração: Química Orgânica

Orientador(a): Dra. Gláucia Aparecida Andrade Rezende

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B277p

Barros, Maria Cristina Souto

Pesquisa do teor de sulfito em açúcar comercializado em Itumbiara-Go. / Maria Cristina Souto Barros. -- 2018.

39 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Itumbiara, 2018.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Gláucia Aparecida Andrade Rezende

1. Açúcar - Análise 2. Cana-de-açúcar - Derivados 3. Espectrofotometria I. Título. II. Rezende, Gláucia Aparecida Andrade.

CDD: 547

ATA DA DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia 18 do mês de dezembro de 2018, às 09h30min, na sala S 403 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, situado à Avenida de Furnas, nº 55, Bairro Village Imperial, em Itumbiara, Goiás, ocorreu a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "Pesquisa do Teor de Sulfito em Açúcar Comercializado em Itumbiara - GO", pela estudante Maria Cristina Souto Barros, como parte dos requisitos para a conclusão do Curso de Licenciatura em Química. Após a apresentação oral do trabalho, passou-se à arguição da autora pelos integrantes da Banca Avaliadora, composta pela professora orientadora Dra. Gláucia Aparecida Andrade Rezende e pelos seguintes avaliadores: Prof. Dr. Fernando dos Reis de Carvalho e Prof. Dr. Guilherme Soares Buzzo. Após arguição, levando-se em consideração a relevância científica do trabalho, os resultados e conclusões apresentados, o atendimento às normas de apresentação e formatação, bem como os aspectos éticos e legais, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: (☒) aprovado; () aprovado com ressalvas, necessitando alterações/adequações, conforme sugestões; () reprovado, conforme justificativa a seguir.

Palavras-chave: Dióxido de enxofre, Ozonização, Clarificação.

Justificativa e/ou Sugestões de alterações/adequações: (Anexar página extra com justificativa/sugestões, se necessário).



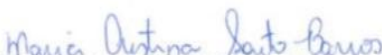
Profa. Dra. Gláucia Aparecida Andrade Rezende
Orientadora



Prof. Dr. Fernando dos Reis de Carvalho
IFG



Prof. Dr. Guilherme Soares Buzzo
IFG



Maria Cristina Souto Barros
Orientanda

Itumbiara, 18 de dezembro de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, autor do meu destino, companheiro de todos os momentos. Ele alimentou minha alma com calma e esperança durante toda a minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que nunca me abandonou nos momentos difíceis. Serei grata, eternamente, a minha mãe Sebastiana de Barros. Com seu carinho, amor e dedicação, ela me impulsionou nos momentos mais conturbados dessa trajetória.

Agradeço a todos os meus professores da faculdade, que foram essenciais na minha trajetória acadêmica. Em especial a professora e orientadora, Dra. Gláucia Aparecida Andrade Rezende, que com todo seu conhecimento e paciência, me ajudou chegar até aqui.

LISTA DE IMAGENS

Figura 01 -	Estrutura química de alguns pigmentos encontrados na cana-de-açúcar.	17
Figura 02 -	Processo de fabricação do açúcar.	18
Figura 03 -	Fornalha utilizada para a queima do enxofre utilizado na clarificação do caldo.	19
Figura 04 -	Processo de sulfitação.	19
Figura 05 -	Tipos de açúcar produzidos no Brasil.	21
Figura 06 -	Armazenamento de açúcar.	21
Figura 07 -	Reação da Lignina com o O_2 proveniente do H_2O_2 .	24
Figura 08 -	Estrutura química do ozônio: (A) planar; (B) espacial.	25
Figura 09 -	Exemplo de uma curva de calibração.	26
Figura 10 -	Balões sendo preparados para a curva de calibração.	30
Figura 11 -	Curva preparada para a leitura no espectrofotômetro.	31
Figura 12 -	Gráfico do resultado da curva de calibração referente à tabela 4.	32
Figura 13 -	Sulfito da amostra A.	33
Figura 14 -	Sulfito da amostra D.	33
Figura 15 -	Sulfito da amostra C.	33
Figura 16 -	Sulfito da amostra E.	33
Figura 17 -	Sulfito da amostra B.	33
Figura 18 -	Amostra C.	34
Figura 19 -	Amostra D.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Dióxido de enxofre como aditivo intencional.	16
Tabela 02 - Comparação de composições de tipos de açúcar em 100 g de amostra.	17
Tabela 03 - Adição de soluções para o preparo da curva.	28
Tabela 04 - Resultados da curva de calibração.	32
Tabela 05 - Resultados de sulfito nas amostras.	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APPCC -	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle.
BPF -	Boas Práticas de Laboratório.
FDA -	Food and Drug Administration.
H₂O₂ -	Peróxido de hidrogênio.
ICUMSA -	International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis.
O₂ -	Oxigênio.
POA -	Processos Oxidativos Avançados
SO₂ -	Dióxido de enxofre.
SVS/MS -	Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde.
VHP -	Very High Polarization.
VVHP -	Very Very High Polarization.

RESUMO

Durante o processo de produção do açúcar, várias etapas são necessárias para que este alimento chegue até as prateleiras dos supermercados. Entre estas etapas destaca-se a clarificação do caldo de cana. O método mais utilizado pelas usinas no tratamento de clarificação do caldo é a sulfitação, onde através da queima do enxofre se produz o dióxido de enxofre (SO_2) como principal agente neste processo. O enxofre é responsável por deixar o açúcar com um aspecto mais branco, no entanto, este processo retira vitaminas e sais minerais do açúcar, deixando-o sem nutrientes. O processo de sulfitação se não for conduzido de maneira correta provoca sérios problemas ambientais como, por exemplo, a chuva ácida, corrosão de metais e desconforto no ambiente de trabalho. Vale ressaltar que o consumo do sulfito em excesso além da asma, outros sintomas também são diagnosticados, são eles: náuseas, irritação gástrica local, alergias e etc. O Conselho Nacional de Saúde estabelece o limite máximo de 0,002 g/100g – g/100mL de dióxido de enxofre no açúcar refinado. Mesmo sendo o método mais utilizado para o processo, cada vez mais o mercado interno e externo vem exigindo um alimento mais saudável e principalmente isento de enxofre. O projeto de lei nº 3.733 de 2015, dispõe de limites máximos de teores de dióxido de enxofre residual em açúcar de produção de direta, seu valor passaria a ser de 0,001 g/100g. Tendo em vista os aspectos observados, a realização desta análise se torna muito importante a fim de conhecer o açúcar que é consumido, se ele está dentro das especificações ou não. Diante dos resultados observados através das análises, percebe-se que todas as amostras de açúcar analisadas encontram dentro dos parâmetros, mantendo-se de acordo com a legislação. No entanto, o fato de todas as amostras analisadas estarem com baixo teor de sulfito não indica que todos os outros açúcares vendidos comercialmente estejam conforme a legislação.

Palavras-chave: Açúcar, Sulfitação, Espectrofotometria.

ABSTRACT

During the sugar production process, several steps are necessary to get this food to the supermarket shelves. Among these stages the clarification of the sugarcane juice is highlighted. The most commonly used method for the treatment of broth clarification is sulphitation, where sulfur dioxide (SO₂) is produced as the main agent in this process through the burning of sulfur. Sulfur is responsible for leaving the sugar looking whiter, however, this process removes vitamins and minerals from the sugar, leaving it without nutrients. The process of sulphitation if not conducted correctly causes serious environmental problems such as acid rain, metal corrosion and discomfort in the work environment. It is noteworthy that the consumption of sulfite in excess of asthma, other symptoms are also diagnosed, are: nausea, local gastric irritation, allergies and etc. The National Health Council establishes the maximum limit of 0.002 g / 100g - g / 100mL of sulfur dioxide in refined sugar. Even though it is the most used method for the process, more and more the internal and external market has been demanding a healthier and mainly sulfur-free food. Bill No. 3,733 of 2015, has maximum limits of residual sulfur dioxide content in direct production sugar, its value would be 0.001 g / 100g. Given the observed aspects, performing this analysis becomes very important in order to know the sugar that is consumed, whether it is within specifications or not. In view of the results observed through the analysis, it can be seen that all the sugar samples analyzed are within the parameters, being kept in accordance with the legislation. However, the fact that all samples analyzed are low in sulfite does not indicate that all other sugars sold commercially comply with the legislation.

Key words: Sugar, Sulfitation, Spectrophotometry.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivos.....	14
1.1.1	Objetivos Gerais.....	14
1.1.2	Objetivos Específicos.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	O açúcar no Brasil.....	15
2.2	Aditivos alimentares.....	15
2.3	Cor do açúcar.....	17
2.4	Tratamento de caldo.....	19
2.5	Produção do açúcar.....	21
2.6	Dióxido de enxofre como risco à saúde.....	23
2.7	Clarificação por processos oxidativos avançados (POA).....	24
3	MATERIALE MÉTODOS.....	27
3.1	Curva de calibração.....	27
3.2	Procedimento da análise de teor de sulfito.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1	Curva de calibração.....	31
4.2	Procedimento da análise de teor de sulfito.....	33
5	CONCLUSÃO.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38

1. INTRODUÇÃO

O açúcar comercializado para consumo é um alimento resultante do processo de refinação do caldo de cana, ele é rico em calorias e pobre em outros nutrientes. Muito utilizado à nossa culinária, a maioria das pessoas não conhecem os riscos que seu consumo excessivo traz a saúde (LAYAUN, 2013).

Araújo (2007) afirma que durante o processo de produção do açúcar, várias etapas são necessárias para que este alimento chegue até as prateleiras dos supermercados. Entre estas etapas destaca-se a clarificação do caldo, pois a própria cana-de-açúcar contém substâncias que dão cor escura ao caldo, e essa cor escura resulta em um produto final não desejável.

Ainda, segundo o mesmo autor o método mais utilizado pelas usinas no tratamento de clarificação do caldo é a sulfitação, onde através da queima do enxofre se produz o dióxido de enxofre (SO₂) como principal agente neste processo. O dióxido de enxofre é uma substância tóxica que proporciona vários danos à saúde e ao meio ambiente. Mesmo sendo o método mais utilizado para o processo, cada vez mais o mercado interno e externo vem exigindo um alimento mais saudável e principalmente isento de enxofre.

O enxofre é um agente responsável por branquear o açúcar em seu processo de clarificação, por ser de baixo custo é bastante utilizado em países consumidores de açúcar branco. No entanto, alternativas estão surgindo para substituir o uso enxofre, porém essa é uma etapa lenta, visto que a mudança de um processo elevaria o custo de produção do produto final (OLIVEIRA; ESQUIAVETO; SILVA JÚNIOR, 2007).

De acordo com o Conselho Nacional de Saúde (1988) fica estabelecido o limite máximo de 0,002 g/100g – g/100mL de dióxido de enxofre no açúcar refinado. Consumido em excesso, pode causar náuseas, dores de cabeça, doenças crônicas e mal estar principalmente com quem trabalha diretamente com este produto (MACHADO; TOLEDO; VICENTE, 2006).

Seguindo a linha de pensamento dos autores acima Oliveira, Esquiaveto e Silva Júnior (2007) apontam que a principal preocupação das indústrias para a substituição do uso de enxofre é justamente devido a sua associação com efeitos alergênicos em uma pequena porcentagem de pessoas. Os autores ainda comentam que no passado, índices elevados de SO₂ foram responsáveis pela oxidação de embalagens metálicas e também de tampas de frascos de vidro.

Além de todos os problemas aqui citados, Quattrucci e Masci (1992) afirmam que fatores que atuam para a substituição do uso do enxofre e que o mesmo corrói os equipamentos.

Tendo em vista os aspectos observados, a realização desta análise se torna muito importante a fim de conhecer o açúcar que é consumido, se ele está dentro das especificações ou não. Pois, conforme mencionado anteriormente, o enxofre em excesso que possa estar presente no açúcar é capaz de trazer malefícios à saúde dos consumidores.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Gerais

Analisar o teor de sulfito presente em diferentes marcas e lotes de açúcares branco comercializados no município de Itumbiara – GO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar uma curva de calibração conforme procedimento;
- ✓ Determinar a concentração de sulfito em amostras de açúcar por espectrofotometria;
- ✓ Comparar os valores obtidos com os da legislação vigente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O AÇÚCAR NO BRASIL

O açúcar chegou ao Brasil por volta de 1526 aproximadamente, em Pernambuco, onde o clima era mais favorável e a cana-de-açúcar crescia rapidamente (CAPARICA, 2010). Os portugueses utilizavam de mão de obra escrava para a produção do açúcar, durante este período de comercialização os portugueses obtiveram grandes lucros (RAMOS, 2010). Caparica (2010) ainda afirma que com a enorme demanda de produção, o açúcar deixa de ser caro e refinado e passa a ser um alimento de primeira necessidade para as pessoas.

Atualmente a cana-de-açúcar é cultivada em diversos estados brasileiros, porém é em São Paulo a sua maior produção de açúcar (ALVES; BACCHI, 2004). Nesse sentido, Rossetto (2006) diz que o Brasil apresenta períodos diferentes de safra: de setembro a março no Norte-Nordeste e de abril a novembro no Centro-Sul. De tal forma, pode-se dizer que o país produz açúcar e etanol durante praticamente todo o ano.

A cultura da cana de açúcar é muito versátil visto que até os subprodutos são aproveitados. Um exemplo que pode ser citado é o bagaço, que pode ser usado para a cogeração de energia, mas também para produzir o papel, ração e até mesmo combustível (VASCONCELOS, 2002).

De acordo com Trevizoli e Neves (2015), Brasil, Cuba e México são os países latino-americanos que mais consomem açúcar, e vale ressaltar que o Brasil lidera as exportações mundiais. As exportações são responsáveis pela maior parcela das negociações comerciais.

Mesmo com a grande exportação do açúcar, o Brasil enfrenta barreiras no comércio para os Estados Unidos e a Europa, devido às restrições que estes impõem ao uso de enxofre. O açúcar branco produzido no Brasil é destinado ao consumo doméstico, onde este é encontrado a venda nos supermercados. Já nas indústrias seu uso é empregado em alimentos e bebidas (SANTOS, 2008).

2.2 ADITIVOS ALIMENTARES

Desde a antiguidade os aditivos alimentares estão presentes em nossa alimentação. Eles são usados há séculos com diferentes finalidades, as civilizações antigas descobriram que poderiam conservar carnes com sal (cloreto de sódio). Os romanos já utilizavam o enxofre como aditivo, porém na intenção de melhorar a conservação do vinho (AUN et al, 2011).

De acordo com a Portaria nº 540 – Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS), de 27 de outubro de 1997, aditivo alimentar é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, esses aditivos tem a função de mudar as características dos alimentos. A tabela 1 mostra alguns alimentos nos quais há adição de sulfito como aditivo.

Tabela 1 - Dióxido de enxofre como aditivo intencional

	Alimentos	Limite máximo (g/100g – g/100 mL)
		(expresso em SO ₂ residual)
Dióxido De Enxofre: Metabissulfito De Sódio, Metabissul- Fito De Potássio, Metabissulfito De Cálcio, Sulfito De Sódio, Sulfito De Cálcio, Sulfito De Potássio, Bissulfito De Cálcio, Bissulfito De Sódio, Bissulfito De Potássio (P.V)	Açúcar refinado	0,002
	Batatas fritas congeladas	0,01
	Bebidas alcoólicas mistas	0,01
	Bebidas alcóolicas fermentadas	0,01
	Camarões e lagostas	0,003 (no produto cozido)
	Camarões e lagostas	0,01 (no produto cru)
	Coco ralado	0,02
	Cervejas (somente ditonito)	0,006
	Cooler	0,035
	Filtrado doce	0,035
	Frutas dessecadas	0,01
	Frutose	0,002
	Geleias artificiais	0,02
	Jeropiga	0,01
	Legumes e verduras desidratadas	0,02
	Leite de coco esterilizado	0,01
	Leite de coco pasteurizado	0,03
	Licores de frutas	0,01
	Mistela composta	0,025
	Néctares de frutas	0,02
	Passas de frutas	0,15
	Picles	0,01
	Preparados Sólidos e Líquidos para refrescos com sucos de frutas	0,008 no p.s.c
	Refrescos com sucos de frutas	0,008
	Refrigerantes	0,004 no p.s.c.
	Refrigerantes com sucos de frutas	0,004
	Sangria	0,035
	Saquê	0,035
	Sidras	0,035
	Sucos de frutas	0,02
	Vinagres	0,02
	Vinhos	0,035
	Vinhos compostos	0,025
	Vinhos de frutas	0,035
	Xaropes para refrescos com sucos de frutas	0,008 no p.s.c

Fonte: BRASIL, 1988.

Chemello (2005) aponta que o açúcar refinado ou açúcar branco, é o mais comum encontrado nos supermercados disponível para consumo direto. Durante a sua produção,

alguns aditivos químicos são acrescentados, porém todos eles com diferentes finalidades. O dióxido de enxofre, derivado da combustão do enxofre é utilizado na etapa de sulfitação, ele é responsável por dar um aspecto branco ao açúcar. No entanto, este processo de adição de enxofre retira vitaminas e sais minerais do açúcar, deixando-o sem nutrientes conforme demonstra a tabela 2.

Tabela 2 - Comparação de composições de tipos de açúcar em 100g de amostra

	Refinado	Mascavo e Demerara
Energia	387 kcal	376 kcal
Carboidratos	99,90 g	97,30 g
Vitamina B1	0 mg	0,010 mg
Vitamina B2	0,020 mg	0,010 mg
Vitamina B6	0 mg	0,030 mg
Cálcio	1,0 mg	85 mg
Magnésio	0 mg	29 mg
Cobre	0,040 mg	0,300 mg
Fósforo	2 mg	22 mg
Potássio	2 mg	346 mg
Proteína	n/d	n/d

Fonte: Adaptado de CHEMELLO, 2005.

Aun e colaboradores (2011) afirmam que:

O termo sulfito referem-se a substâncias que são adicionadas aos alimentos e que após reação química, liberam o radical dióxido de enxofre (SO_2), íon sulfito (SO_3^-) ou íon bissulfito (HSO_3^-). Tais moléculas também são produzidas de forma endógena durante a degradação oxidativa dos aminoácidos cisteína e metionina.

O FDA em 1988 propôs regras para a presença de sulfitos funcionais ou acima de 10 ppm, fossem declaradas nos rótulos dos alimentos. Outras regras consistem de placas indicativas ou sinais para indicar que tal alimento era tratado com sulfitos. As mesmas seriam usadas em supermercados e restaurantes (SAPERS, 1993).

O projeto de lei nº 3.733 de 2015, dispõe de limites máximos de teores de dióxido de enxofre residual em açúcar de produção de direta, seu valor passaria a ser de 10 mg/kg. Ele também estabelece a vedação de produção, importação e comercialização de açúcar com teor de SO_2 acima desse parâmetro. O projeto também exige que as unidades industriais insiram nos rótulos das embalagens a informação da quantidade de dióxido de enxofre contido no produto (BRASIL, 2015).

2.3 COR DO AÇÚCAR

A cor do açúcar é um dos principais itens que garantem a qualidade do produto, é medida através de um espectrofotômetro com um comprimento de onda de 420 nm. O seu resultado definirá a capacidade de passagem de luz em uma solução concentrada de açúcar a 50%. O grande impacto de um açúcar com cor alta traz para as indústrias, visto que as mesmas visam à venda para outras indústrias, como por exemplo: refrigerantes, bebidas alcoólicas, balas, sorvetes e etc (OLIVEIRA; ESQUIAVETO; SILVA JÚNIOR, 2007).

Nesta mesma linha de pensamento, a cor do açúcar é um fator que determina sua qualidade, visto que um açúcar de má qualidade é aquele com sua cor mais escura e que há presença de impurezas (ENGENHO NOVO, 2008).

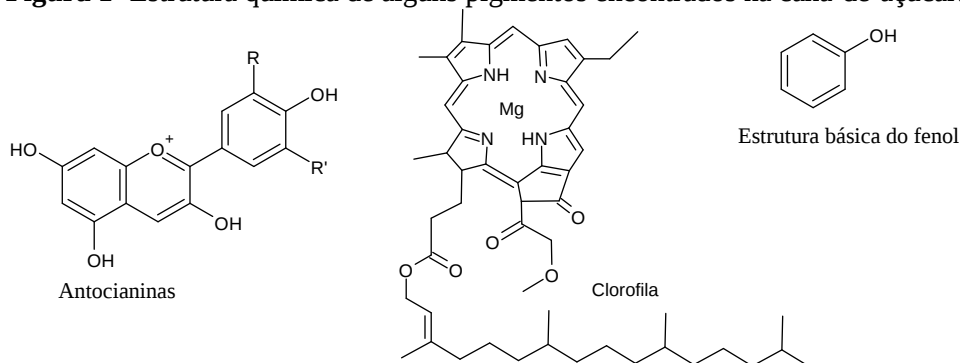
Godshall e Legendre (1988) afirmam que na própria cana existem compostos orgânicos e inorgânicos que tem a função de dar coloração ao caldo, estes compostos estão presentes no colmo e nas cascas da planta. Como exemplo está o composto fenólico, os autores observaram que este composto aumenta de acordo com a maturação da planta, portanto pode haver diferenças nos cultivares.

Esses dados são reforçados por Stupiello (2002); Simioni e colaboradores (2006), que relatam que foi observado que em usinas que contém teores maiores de compostos fenólicos em sua matéria prima, ou seja, presente na cana-de-açúcar, maior será a probabilidade de se levar mais compostos percussores de cor para a produção de açúcar.

Outro que merece destaque é o flavonoide, dentre todos os compostos presente na cana ele é o mais crítico, e representa cerca de 30% de coloração na produção de açúcar, uma vez que os valores de pH são iguais a 7,0 (BOURZUTSCHKY, 2005).

Gillett (1953) sustenta que os flavonoides glicosilados, como a antocianina descrita na figura 1, é solúvel em água e passam pelo processo podendo estar presente no açúcar. Em temperaturas elevadas e mudanças de pH eles decompõe e formam conforme autores acima, compostos percussores de cor.

Figura 1- Estrutura química de alguns pigmentos encontrados na cana-de-açúcar.



Fonte: LIMA, 2012.

De acordo com Albuquerque (2009), há três tipos de pigmentos que durante o processo do açúcar ou em sua estocagem, são responsáveis pela coloração do mesmo. São elas: a melanina, caramelos e melanoidinas. As melaninas são produtos de degradação enzimáticos, mas que podem ser removidas adicionando peróxido de hidrogênio H_2O_2 ao caldo ou simplesmente adicionando sulfito. Os caramelos são produtos de degradação química, e as melanoidinas são resultantes das reações entre aminas e açúcares redutores.

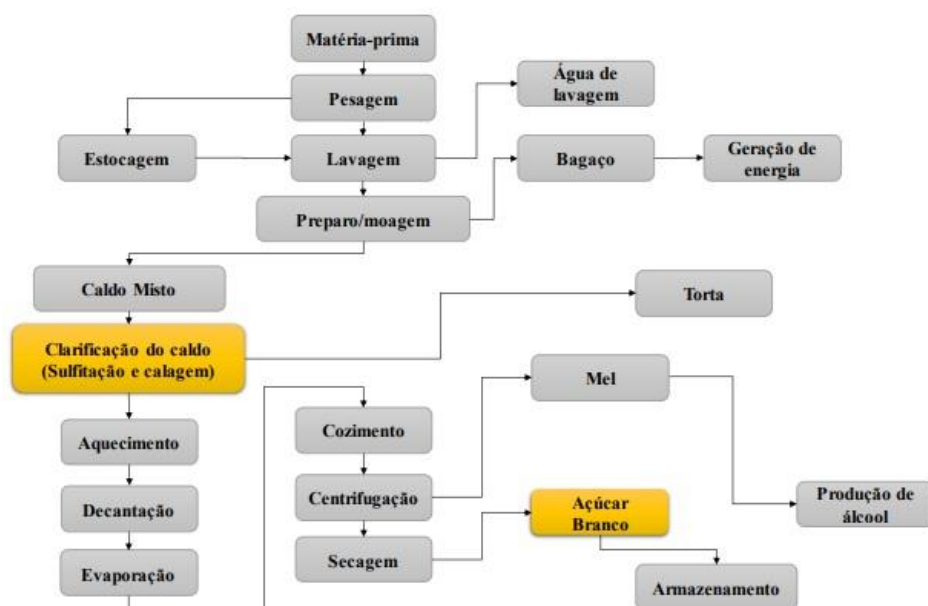
O controle de escurecimento enzimático pode ser realizado por dois meios, químico e físico. No método químico são utilizados produtos que são responsáveis pela inibição da ação da enzima. No entanto, podem ser prejudiciais ao produto que foi adicionado e ao consumidor, causando efeitos toxicológicos e sensoriais (OLIVEIRA et al, 2008).

Dias e colaboradores (2007) enfatizam que o escurecimento do açúcar durante o seu armazenamento eleva os custos do refino e causa sérios problemas na sua comercialização.

2.4 TRAMENTO DE CALDO

Várias são as etapas que a cana-de-açúcar passa a fim de se produzir o açúcar, conforme mostra o fluxograma da figura 2 a cana percorre por um longo caminho. Desde a plantação e colheita, passando pela lavagem e extração do caldo por meio de moenda ou difusor até a sua última etapa que é o seu produto final (SILVA et al, 2008).

Figura 2 - Processo de fabricação do açúcar



Fonte: FONSECA, 2017.

Ainda segundo Silva e colaboradores (2008) o tratamento de caldo é a etapa mais importante quando se deseja produzir açúcar branco, pois o seu objetivo é eliminar as impurezas do caldo que interferem na produção. O caldo resultante da extração passa por diversas etapas no tratamento, dentre elas a principal para a fabricação do açúcar branco é a clarificação.

Koblitz (1998) e Camargo (1990) afirmam que no Brasil, dois tipos de clarificação são mais utilizados para a produção do açúcar, são eles: a defecação simples, e a sulfo-defecação, esta última é empregada apenas no processo de açúcar branco. Nesta etapa antes da adição de cal é realizado a dosagem e a combustão do enxofre, em fornalhas (figura 3) à uma temperatura de 250° C, afim de produzir o gás sulfuroso.

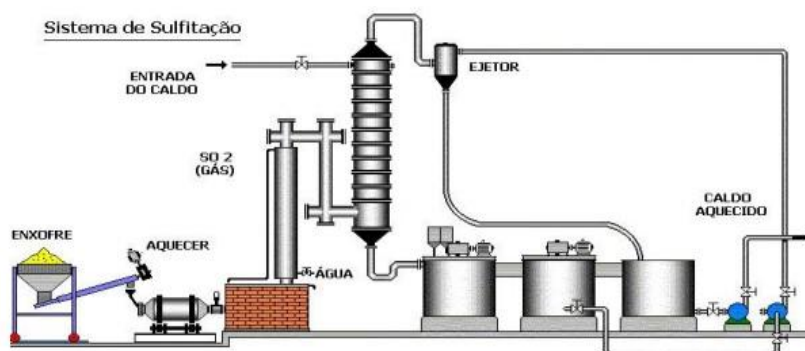
Figura 3 - Fornalha utilizada para a queima do enxofre utilizado na clarificação do caldo.



Fonte: LIMA, 2012.

O processo de sulfitação (figura 4) é realizado em uma coluna cilíndrica que contém em seu interior pratos perfurados. Na parte superior há a entrada do caldo, já na parte inferior se encontra a entrada do dióxido de enxofre. O caldo irá descer passando pelos pratos, e em contrapartida irá se misturar com o gás que está através de um exaustor ou uma bomba ejetora sendo impulsionado contra o caldo (SILVA; et al, 2008).

Figura 4 - Processo de sulfitação.



Fonte: SILVA; et al, 2008.

Deste modo irá se formar o caldo sulfitado, o mesmo seguirá para outro processo denominado calagem, que consiste em corrigir o pH entre 6,8 a 7,2 através da adição de cal (SILVA; et al, 2008).

A fim de se evitar a perda do SO_2 para a atmosfera durante o processo de sulfitação, e por consequência conseguir misturar o SO_2 no caldo, faz-se necessário uma maior quantidade de pratos na coluna. O que neste caso acarretaria em uma maior estrutura para este processo e um maior custo para sua instalação (MORILLA, 2015).

Silva e colaboradores (2008) ainda afirmam que a sulfitação tem por objetivo inibir reações que provocam cores indesejáveis no açúcar, diminuir a viscosidade do caldo, xarope, para que se tenha uma evaporação e um cozimento sem problemas. Hugot (1977) considera que além de ser responsável por eliminar materiais corantes no processo, o dióxido de enxofre também tem a função de transformar sais ferrosos, resultantes do contato direto com os equipamentos das indústrias, em compostos ferrosos incolores.

A sulfitação se não for conduzida de maneira correta e apropriada provoca sérios problemas ambientais como, por exemplo, a chuva ácida, corrosão de metais e também provoca desconforto no ambiente de trabalho devido a exposição dos operadores ao dosar o enxofre na fornalha (MORILLA, 2015).

Chou e colaboradores (2006) enfatizam que, do ponto de vista operacional apesar de ser o processo mais utilizado nas indústrias, a sulfitação apresenta sérios problemas como, por exemplo: a reação do gás SO_2 e o caldo não consegue ser perfeita, há perda e inversão da sacarose devido a variação de pH proporcionada no caldo sulfitado. Tudo isso acarreta em um produto de baixa qualidade e demais problemas durante a estocagem do açúcar.

2.5 PRODUÇÃO DO AÇÚCAR

Após a etapa de clarificação, o caldo já clarificado é enviado para a evaporação, para o seu cozimento. Esta etapa consiste principalmente em extrair a água presente no caldo, até que se obtenha um concentrado denominado xarope. O xarope então irá para a cristalização onde serão formadas as massas (MARQUES; MARQUES; TASSO JÚNIOR. 2001).

Através da centrifugação que serão separados os cristais dos méis, este último será encaminhado para a produção de álcool. Já os cristais seguirão para as etapas finais de: secagem, classificação, acondicionamento e armazenamento (MARQUES; MARQUES; TASSO JÚNIOR. 2001).

No Brasil vários tipos de açúcar são fabricados (figura 5), são eles: açúcar mascavo, açúcar demerara, açúcar cristal, açúcar refinado amorfo, açúcar refinado granulado, açúcar de confeitado, açúcar VHP (Very High Polarization) e o açúcar VVHP (Very Very High Polarization). Dentre estes os que mais se destacam no Brasil é o VHP e o Cristal (FONSECA, 2017).

Figura 5 - Tipos de açúcar produzidos no Brasil.



Fonte: MESSA; NESPOLO, 2017.

O açúcar cristal pode tanto ser produzido e enviado diretamente para o consumo quanto também é enviado para as refinarias, a fim de se produzir o açúcar refinado amorfo. Para se obter este produto, o açúcar cristal é dissolvido em água e passa por um novo processo de clarificação (TFOUNI; VITORINO; TOLEDO, 2007).

O açúcar que é produzido para o mercado doméstico é vendido logo após a sua produção, já o que é destinado à importação é ensacado e armazenado (figura 6). Durante este armazenamento cuidados devem ser tomados, como por exemplo: temperatura e umidade do local. Todos estes cuidados evitam empedramento e escurecimento do açúcar (LOPES, 2008).

Figura 6 - Armazenamento de açúcar



Fonte: Conteflex, 2017.

O açúcar é armazenado como qualquer outro alimento, portanto torna-se bastante importante que o produto tenha uma cadeia de rastreabilidade produtiva. No entanto, a qualidade do produto dependerá de sua produção, visto que o processo de BPF (Boas Práticas de Fabricação) e APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) se tornam de extrema importância para que o produto final atinja uma boa qualidade (OLIVEIRA; ESQUIAVETO; SILVA JÚNIOR, 2007).

2.6 DIÓXIDO DE ENXOFRE COMO RISCO À SAÚDE

Em 1976 foi registrado o primeiro caso de sensibilidade a sulfitos, onde uma pessoa com urticária, porém não asmático consumiu uma comida em um restaurante (PERONI; BONER, 1995).

Os aditivos alimentares representam risco apenas para uma pequena parcela da população, esta pequena parcela pode sofrer reações causadas pelos sulfitos. As reações causadas pelo sulfito são consideradas como intolerância alimentar e não como alergia. As duas possuem os mesmos sintomas, no entanto, a intolerância alimentar é causada quando o organismo não consegue digerir de certa maneira o alimento (CARDOSO, 2007).

Com todo o processo de clarificação do açúcar, o produto acaba perdendo suas proteínas, fibras, vitaminas, sais minerais e etc., restando assim apenas a sacarose. Os efeitos causados pelo açúcar não são imediatos, eles tendem a serem acumulativos e lentos (ALMEIDA, 2011).

Vale ressaltar que além da asma provocada por este alto consumo de sulfito nos alimentos consumidos, outros sintomas também são diagnosticados, são eles: náuseas, irritação gástrica local, alergias e etc. (MACHADO; TOLEDO; VICENTE, 2006).

Favero, Ribeiro e Aquino. (2011) afirmam que:

É importante ressaltar que a quantidade de sulfitos adicionada aos alimentos não reflete os teores remanescentes no momento do consumo do produto, devido a perdas que podem ocorrer durante o processamento e estocagem e que alguns alimentos são consumidos em excesso por algumas pessoas. Dessa forma é importante avaliar a quantidade de sulfitos adicionados aos alimentos e sua ingestão diária pelos consumidores.

As reações causadas pela ingestão do dióxido de enxofre podem variar do organismo de cada um, por exemplo: enquanto uma pessoa que consome 4g de sulfito por dia, ou seja, 50 mg/kg de peso corpóreo e não tem nenhuma reação. Outra pessoa que consome a mesma quantidade poderá vir a ter alguns sintomas como, náuseas e diarreia (LÜCK; JAGER, 1955; GÓES, 2005).

Testes de teor de sulfito em outros alimentos são encontrados na literatura, Yabiku e colaboradores (1987) apontam que através de denúncias de que sucos de frutas naturais integrais que estavam disponíveis no comércio estavam com teores de SO_2 acima dos parâmetros que exige a legislação brasileira (200 mg/kg), os mesmos observaram que de um total de 473 amostras analisadas, mais da metade, ou seja 51% apresentaram níveis acima do permitido. Os autores ainda destacam que o teor encontrado no suco de caju foi de 1439 mg/kg, ou seja, sete vezes o seu valor permitido.

Em conexão com as considerações acima citadas, Caparica (2010) comenta que o açúcar no passado foi considerado um herói, no entanto, ele veio perdendo esse posto nas últimas décadas. Em virtude do que foi mencionado, o açúcar é hoje considerado um dos maiores riscos à saúde, pois além dos problemas citados acima ele também é responsável pelos altos índices de obesidade e de diabetes.

Trevizoli e Neves (2015) comentam que a inovação no setor sucroalcooleiro no Brasil está estagnada devido ao custo benefício de se adotar novos meios de inovação. De acordo com os autores as indústrias preferem priorizar métodos que gastam menos dinheiro e menos tempo, e ainda requerem um retorno financeiro satisfatório.

2.7 CLARIFICAÇÃO POR PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS (POA)

Lima (2012) comenta a sulfitação, que tem por objetivo a produção do açúcar branco, polui o meio ambiente devido à toxicidade do enxofre. Devido a isso, outros métodos de clarificação estão sendo propostos na tentativa de reduzir a emissão de intermediários tóxicos.

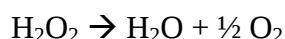
A busca por novas tecnologias para o processo de clarificação tem sido bastante estudada recentemente, entre as várias opções, o uso de agentes oxidativos e enzimas oxidantes é uma das propostas (OKUNO; TAMAKI, 2002).

Os processos oxidativos avançados (POA) há anos vêm sendo utilizado no tratamento de água, no entanto estes processos passaram a ser estudados para serem empregados no processo de clarificação do caldo de cana, como um método de substituição do enxofre. Os mais utilizados dentre eles são: o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o ozônio (O_3) (CORRÊA, 2016).

Os POA's apresentam a vantagem de consumirem menos energia do que o processo tradicional, o que acarreta em menos custo operacional. E quando são usados em quantidades suficientes não há formação de subprodutos (TEIXEIRA; JARDIM, 2004).

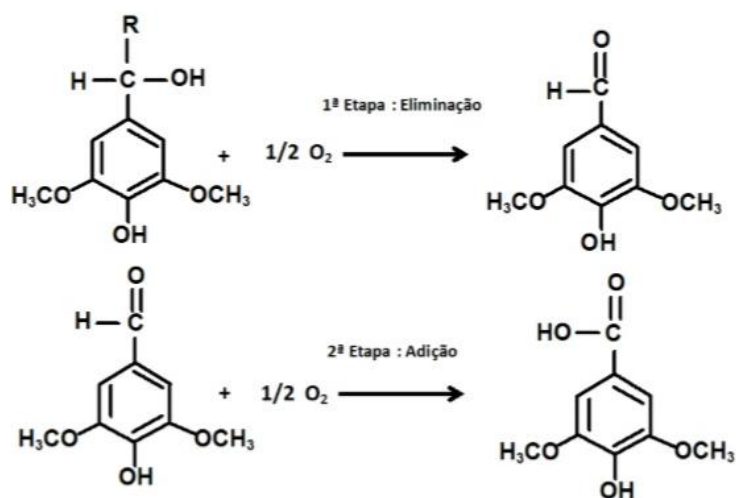
O peróxido de hidrogênio é um líquido transparente, similar a água, não inflamável, e miscível em água (MATTOS; et al, 2003). De acordo com Mane e colaboradores (2000) o peróxido de hidrogênio consegue manter a cor do açúcar por um longo período em seu armazenamento sem sofrer alterações.

O processo de clarificação utilizando o H_2O_2 é realizada em duas etapas: antecedendo a primeira etapa ocorre a quebra do H_2O_2 em água e oxigênio, como mostra a equação abaixo. Na primeira etapa deste processo o oxigênio reage com a lignina, havendo assim uma reação de eliminação, o álcool presente será transformado em aldeído (SANTOS; FORTES, 2016).



Já na segunda etapa haverá uma reação de adição como demonstra na figura 7, o qual irá surgir um ácido graxo. O mesmo irá precipitar, sendo assim irá contribuir para a clarificação do caldo (SANTOS; FORTES, 2016).

Figura 7 - Reação da Lignina com o O_2 proveniente do H_2O_2



Fonte: SANTOS & FORTES, 2016.

Nas indústrias de alimentos o uso do peróxido de hidrogênio tem sua dosagem controlada, a fim de que permaneça apenas uma quantidade mínima no produto final, no caso o açúcar. Este resíduo será eliminado em etapas seguintes do processo, se por acaso ainda houver resíduo mesmo depois de todos os processos, será feita a adição de catalise para destruir o excesso remanescente (MORILLA, 2015).

Outro método bastante estudado para substituir a sulfitação é a ozonização. O Ozônio é um gás, tem forma triatômica (figura 8), incolor e bastante instável e devido a isso tem um

alto poder de oxidação comparado a outros agentes oxidantes, como por exemplo, o peróxido de hidrogênio (KUNZ; et al, 1999).

Figura 8 - Estrutura química do ozônio: (A) planar; (B) espacial.



Fonte: CORRÊA, 2016.

É outro substituto do enxofre para o branqueamento do açúcar no processo de clarificação, e se faz necessário à utilização de um catalizador eletrolítico, para a formação do radical hidroxila (SILVA; et al, 2008).

A oxidação por ozônio apresenta diversas vantagens, como por exemplo: elevado poder oxidante, inexistência de resíduos, degradação de corantes e compostos cromóforos (FONSECA, 2017).

Por outro lado, Silva e colaboradores (2008) destacam que:

A principal desvantagem da utilização do ozônio é o alto custo para locação de novos equipamentos, ou seja, de instalar uma usina concentradora de O₃, em substituição ao enxofre. Para isso, a linha de produção deve apresentar algumas modificações em relação a atual. Tais modificações seriam a instalação de equipamentos apropriados com alto índice de eficiência, utilizando-se uma mistura de oxigênio com argônio em proporção previamente dimensionada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de açúcar foram compradas em cinco supermercados diferentes na cidade de Itumbiara-GO, nos meses de: fevereiro; março; abril e maio de 2018, as mesmas foram identificadas como: A; B; C; D e E. Três marcas diferentes estão presentes nas amostras, no entanto todas apresentam lotes diferentes.

As amostras A e D pertencem à mesma marca a qual será denominada como marca X, amostra B será identificada como amostra Y e C e E, que também pertencem a mesma marca será identificada como marca Z.

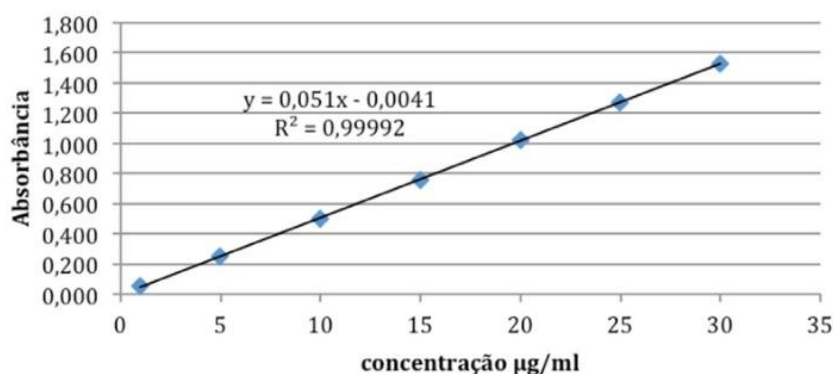
Todas as amostras foram armazenadas e encaminhadas para a realização das análises em um laboratório físico-químico de uma indústria sucroalcooleira situada na região sul de Goiás.

3.1 CURVA DE CALIBRAÇÃO

A calibração por padrão externo é um método bastante utilizado, visto que é muito fácil e simples de compreender. Para a quantificação de um analito, utilizam-se padrões com concentrações conhecidas e estes dados serão combinados a fim de se determinar a concentração de uma amostra desconhecida (TONEGURRI, 2017).

Seguindo o raciocínio de Skoog (2006) a curva de calibração é preparada colocando-se os dados obtidos em forma de gráfico conforme figura 9, ou ajustando-os por meio de uma equação matemática adequada, como a relação linear utilizada no método dos mínimos quadrados.

Figura 9: Exemplo de uma curva de calibração.



Curva de calibração para a hidrocortizida padrão por espectrofotometria no uv a 273nm.

Fonte: HERTZOG, 2012.

Em uma curva de calibração externa é necessário que haja uma resposta do instrumento decorrente das medidas dos padrões de concentrações diferentes. A escolha dos níveis de concentração para a resposta do instrumento irá depender onde a curva se enquadra em modo linear (PIMENTEL; NETO, 1996).

A curva de calibração para esta análise foi realizada conforme método analítico da ICUMSA (2011). Antes de iniciar a curva de calibração, todos os equipamentos que foram utilizados para a técnica foram calibrados.

Para o início da curva foram separados 8 balões volumétricos de 100 mL e enumerados de 1 a 8. Pesou-se e transferiu para cada um deles $10,0 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$ de sacarose p.a., em seguida acrescentou-se aproximadamente 60,0 mL de água deionizada e agitou-se até a sua dissolução. Para esta curva a sacarose p.a. pode ser substituída por um açúcar refinado granulado isento de sulfito.

Como mostra tabela abaixo, em cada balão foram adicionados diferentes volumes de solução diluída de Sulfito de Sódio 0,0002 mol/L, esta diferença de volume da solução dará a cada balão diferentes concentrações de sulfito. Em seguida adicionou-se 4,0 mL de solução de Hidróxido de Sódio 0,1 mol/L e completou-se o volume com água deionizada.

Tabela 3 - Adição de soluções para o preparo da curva

Balão nº	Solução diluída de Sulfito de Sódio 0,0002 mol/L (mL)	Solução de Hidróxido de Sódio 0,1 mol/L (mL)
1	0	4
2	1	4
3	3	4
4	5	4
5	7	4
6	10	4
7	12	4
8	15	4

Fonte: Autoria própria.

Homogeneizou-se os balões, e transferiu-se 10,0 mL de cada solução para tubos de ensaio, os mesmos também foram enumerados de 1 a 8. Em cada tubo de ensaio, foram adicionados 2,0 mL de solução de fucsina descorada e 2,0 mL de solução de formaldeído 0,2% nesta mesma sequência.

Os tubos foram homogeneizados e deixados em repouso por 30 minutos. Passado o tempo de repouso, foram realizadas as medidas de absorbância das soluções a 560 nm no espectrofotômetro, em célula de 10 mm e utilizando a água deionizada como branco.

A curva de calibração foi construída a partir das leituras de absorbância x concentração de sulfito em $\mu\text{g SO}_2/\text{mL}$. Ainda conforme ICUMSA (2011), a curva de calibração deve ser realizada trimestralmente.

3.2 PROCEDIMENTO DA ANÁLISE DE TEOR DE SULFITO

Separou-se 15 balões de 100,0 mL, os mesmos foram identificados como as seguintes amostras: A1; A2; A3; B1; B2; B3; C1; C2; C3; D1; D2; D3; E1; E2 e E3. Para o método analítico ICUMSA (2011) na realização da análise do teor de sulfito é necessário apenas uma leitura da amostra.

No entanto, como esta análise tem o intuito de comparação, todas as amostras foram analisadas em triplicatas. Ao final das análises, foi realizada uma média com os resultados obtidos de cada amostra, a fim de verificar se todas estão conforme a legislação.

Inicialmente, em cada balão de 100,0 mL pesou-se 20,0 g $\pm 0,1$ g da amostra de açúcar conforme figura abaixo. Adicionou-se cerca de 60,0 mL de água deionizada e agitou-se para sua completa dissolução. Após esta etapa, adicionou-se 4,0 mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L. Completou-se o balão até o menisco e em seguida o homogeneizou (ICUMSA, 2011).

Feito isso, separou-se 3 tubos de ensaio para cada balão com as devidas identificações. Dos balões pipetou-se 10,0 mL das soluções e as mesmas foram transferidas para os tubos de ensaio.

Em todos os tubos de ensaio foram adicionado as seguintes soluções na sequência: 2,0 mL de solução de fucsina descorada e 2,0 mL de solução de formaldeído 0,2%. Agitaram-se todos os tubos e os mesmos ficaram em repouso por 30 minutos.

Ao término do repouso, realizou-se as leituras no espectrofotômetro, medindo a absorbância das soluções a 560 nm em célula de 10 mm, utilizou-se água deionizada como branco (ICUMSA, 2011).

Os resultados das leituras obtidas foram anotados para serem usadas no cálculo do teor de sulfito descrito abaixo.

Equação: Concentração de sulfito em mg/kg.

$$\text{SO}_2 \text{ (mg/kg)} = \frac{(\text{L} \times \text{a} + \text{b}) \times 10}{\text{m}}$$

Fonte: ICUMSA, 2011.

Onde:

L= Leitura da amostra em absorbância;

a = Coeficiente linear, obtido na equação de regressão linear;

b = Intersecção linear, obtido na equação de regressão linear;

m = Massa utilizada da amostra, em gramas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil não há muitos estudos e pesquisas sobre teor de sulfito presente em açúcar branco, no entanto a maioria dos testes encontrados refere-se à determinação de teores de sulfito presente em outros tipos de alimentos e bebidas. Em um destes testes pesquisados, 51% de 473 amostras de sucos integrais disponíveis no comércio estavam com teores de SO_2 acima dos parâmetros (YABIKU et al, 1987).

Barbosa e colaboradores (2018) afirmam que, estudos científicos realizados em diversos países revelaram que, apesar de haver uma legislação específica que limita o uso de certos produtos em indústria de alimentos, inúmeros alimentos podem encontrar-se com nível de tolerância acima dos parâmetros.

4.1 CURVA DE CALIBRAÇÃO

Para a realização desta análise foram preparados todos os reagentes necessários e feito a aferição dos equipamentos, estando todos em conforme, foi realizado uma curva de calibração onde se obteve os resultados representados na tabela 4.

Brasil (2003) recomenda que a linearidade da análise seja realizada com no mínimo 5 concentrações diferentes. A sensibilidade da análise se reflete na menor diferença de concentração. Esta sensibilidade depende da natureza do analito e da técnica utilizada (NAGATO, 2013).

Os balões conforme mostra a figura 10 foram todos pesados a mesma massa de sacarose p.a. Pois, conforme citado acima em cada balão foi adicionado volumes diferentes de solução diluída de sulfito de sódio 0,0002 mol/L afim de se obter leituras crescentes de absorbância para a realização da curva de calibração.

Figura 10 - Balões sendo preparados para a curva de calibração.



Fonte: Autoria própria

A maioria dos equipamentos de medição de laboratório estabelece a sua faixa dinâmica linear. Portanto, se faz necessário verificar se o ponto de concentração do analito coincide com a faixa dinâmica linear (INMETRO, 2011).

Ainda conforme INMETRO (2011), esta linearidade é obtida através de uma padronização interna ou externa e formulada como: $y = a + bx$, onde: y = resposta medida; x = concentração; a = interseção com o eixo y , quando $x = 0$; b = inclinação da curva analítica = sensibilidade. Esta equação determina a concentração do analito na amostra real.

Figura 11 - Curva preparada para a leitura no espectrofotômetro.



As amostras 7 e 8 foram pipetadas em balões devido a falta de tubos de ensaio no laboratório.

Fonte: Autoria própria.

De acordo com Brasil (2003) o valor mínimo do coeficiente linear (r) deve ser igual a 0,99. Todavia, este coeficiente indica o quanto a reta pode ser considerada adequada em determinada curva. Quanto mais próximo de 1,0 for o valor do coeficiente, menor será a dispersão dos pontos, e maior certeza dos resultados (NAGATO, 2013).

A tabela mostra os resultados encontrados na curva de calibração, que será usada para fazer os testes nos açúcares.

Tabela 4 - Resultados da curva de calibração

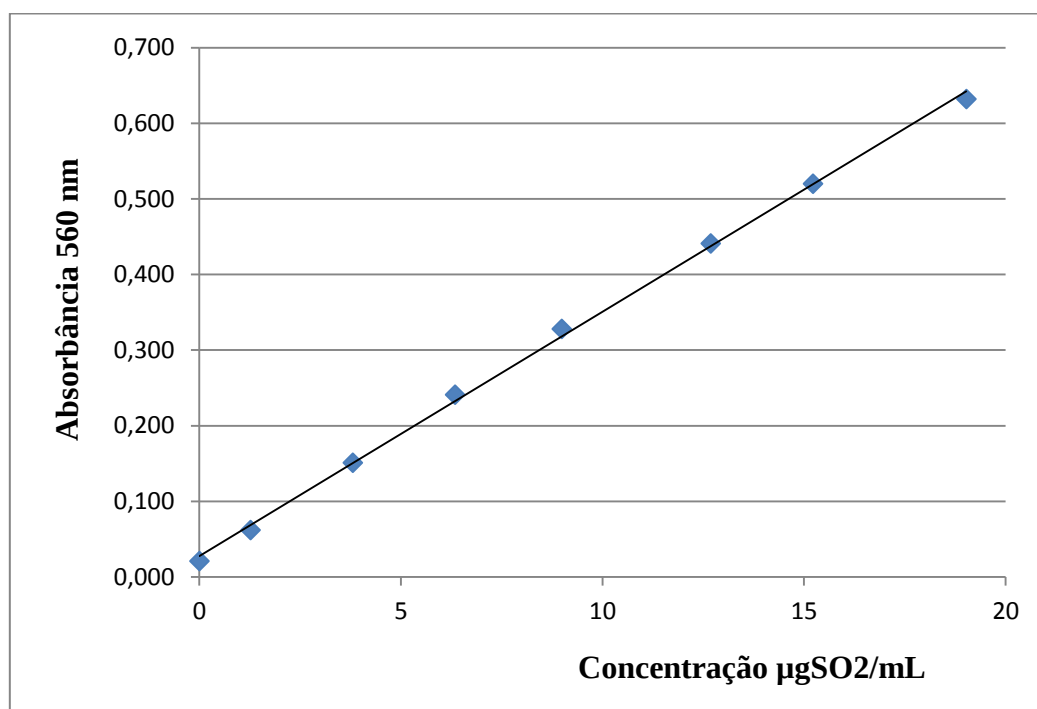
Balão n°	Vol sol padrão (ml)	Conc teórica (ugSO ₂ /ml)	ABS	Conc calculada(ug SO ₂ /ml)	Residual
1	0	0	0,021	-0,1944	0
2	1	1,2684	0,062	1,0733	-15,38
3	3	3,8052	0,151	3,8252	0,52
4	5	6,3420	0,241	6,6080	4,19
5	7	8,9880	0,328	9,2980	3,45
6	10	12,6839	0,441	12,7920	0,85
7	12	15,2208	0,520	15,2347	0,09
8	15	19,026	0,632	18,6977	-1,73

Fonte: Autoria própria.

O coeficiente linear obtido na curva de calibração foi de 0,9994, ou seja, um valor próximo de 1,0. Pode-se dizer então que através deste resultado a reta conforme mostra a figura 12, é considerada adequada.

O método linear pode ser observado pela figura abaixo, os dados que nele dispõe são valores dos resultados dos ensaios em função da concentração do analito. No entanto, deve-se verificar se há presença de valores discrepantes para cada nível de antes de fazer a regressão linear (INMETRO, 2011).

Figura 12 - Gráfico do resultado da curva de calibração referente à tabela 4.



Fonte: Autoria própria.

4.2 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE TEOR DE SULFITO

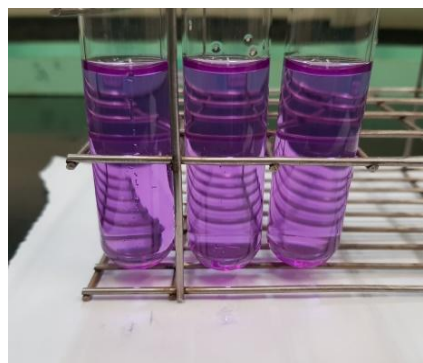
De acordo com ICUMSA (2011), as amostras de açúcares dissolvidas quando adicionado solução de fucsina descorada e o aldeído fórmico formam um complexo com o sulfito presente, sendo assim, desenvolve uma coloração roxa que é medida através de espectrofotometria a 560nm.

Quanto mais forte for a coloração maior será a presença de sulfito na amostra, em contrapartida quanto mais fraca for a cor, menor será a presença de sulfito. Pode-se notar que todas as amostras tiveram leituras diferentes umas das outras. Ou seja, para a produção de açúcar as usinas utilizam de dosagens diferentes de enxofre.

Figura 13 - Sulfito da amostra A **Figura 14 - Sulfito da amostra D**



Fonte: Autoria própria.



Fonte: Autoria própria.

Nota-se a diferença de concentração de sulfito presente nas amostras da figura 13 e 14. As duas amostras pertencem à marca X.

Figura 15 - Sulfito da amostra C



Fonte: Autoria própria.

Figura 16 - Sulfito da amostra E



Fonte: Autoria própria.

As amostras C e E fazem parte da marca Y, ou seja, possuem marcas iguais, mas com teores visivelmente diferentes.

Figura 17 - Sulfito da amostra B



Fonte: Autoria própria.

Como mostra as figuras acima, o açúcar pode ter a mesma marca, no entanto possui lotes diferentes. E através desses lotes pode-se notar a diferença de concentrações de sulfito de um açúcar para outro.

Conforme mostra a tabela abaixo, todas as amostras se mantiveram dentro dos parâmetros da legislação.

Tabela 5 - Resultados de sulfito das amostras.

		Leitura absorvância			Média das leituras	Sulfito (mg/kg)	Qt g/100g
Amostra A	Balão 1	0,174	0,176	0,174	0,175	2,3	0,00023
	Balão 2	0,177	0,175	0,174	0,175	2,3	0,00023
	Balão 3	0,176	0,176	0,175	0,176	2,3	0,00023
Amostra B	Balão 1	0,319	0,320	0,319	0,319	4,5	0,00045
	Balão 2	0,320	0,321	0,321	0,321	4,5	0,00045
	Balão 3	0,318	0,321	0,320	0,320	4,5	0,00045
Amostra C	Balão 1	0,055	0,055	0,057	0,056	0,4	0,00004
	Balão 2	0,054	0,056	0,054	0,055	0,4	0,00004
	Balão 3	0,054	0,055	0,057	0,055	0,4	0,00004
Amostra D	Balão 1	0,508	0,508	0,506	0,507	7,4	0,00074
	Balão 2	0,507	0,509	0,509	0,508	7,4	0,00074
	Balão 3	0,507	0,506	0,506	0,506	7,4	0,00074
Amostra E	Balão 1	0,368	0,369	0,369	0,369	5,3	0,00053
	Balão 2	0,367	0,365	0,367	0,366	5,2	0,00052
	Balão 3	0,370	0,370	0,369	0,370	5,3	0,00053

Fonte: Autoria própria.

A amostra D mesmo demonstrando um valor maior de sulfito, obteve um valor inferior a 0,001g/100g. Visto que o limite máximo é de 0,002g/100g de acordo com o Conselho Nacional de Saúde (1988).

Fazendo uma comparação visível, e sabendo que quanto maior é o nível de enxofre mais branco é o açúcar. Pode-se dizer que a amostra D por apresentar uma cor mais clara que a amostra C, logo esta possui o maior teor de SO₂.

Figura 18 - Amostra C



Fonte: Autoria própria.

Figura 19 - Amostra D



Fonte: Autoria própria.

Conforme mencionado anteriormente, os teores encontrados como mostra a tabela 5, mostram que todos os açúcares analisados estão de acordo com a legislação.

Todavia, apesar de ser um produto fiscalizado, as indústrias produzem toneladas de açúcar durante todo o dia, e durante o processo falhas ocorrem. Não se pode dizer, portanto que dentre os açúcares vendidos comercialmente todos estejam dentro dos parâmetros. Pois, não há como analisar individualmente cada bag de açúcar.

5. CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados observados através das análises, percebe-se que todas as amostras de açúcar analisadas encontram-se dentro dos parâmetros, mantendo-se de acordo com a legislação. Diante deste resultado pode-se dizer que os lotes das marcas analisadas atendem com valores satisfatórios e aptos para o consumo doméstico.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F. M. **Processo de fabricação do açúcar**. Prefácio Fernando Nissler da Rosa Oiticica; apresentação Luiz Magno Epaminondas Tenório de Brito. – Recife : Ed. Universitária da UFPE. 2009.

ALMEIDA, L. **Os diferentes tratamentos para obtenção do açúcar e a influência do consumo do açúcar na saúde humana**. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA – Assis. 2011.

ALVES, L. R. A.; BACCHI, M. R. P. Oferta de exportação de açúcar do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 42, n. 1, janeiro/março. 2004.

ARAÚJO, F. A. D. Processo de clarificação do caldo de cana pelo método de bicarbonatação. **Revista Ciências & Tecnologia**. Pernambuco, ano 1, n.1. 2007. Disponível em site: < http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo7.pdf > acesso em: outubro de 2018.

AUN, M. V; et al. Aditivos em alimentos. **Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia**. v. 34, n.5. 2011. Disponível em site:< <http://www.asbai.org.br/revistas/vol345/V34N5-ar-01.pdf> > acesso em outubro de 2018.

BARBOSA, J. C. S; et al. **Os riscos dos resíduos de sulfitos em açúcar refinado para a saúde humana**. 2018. Disponível em site: < <http://aneste.org/os-riscos-dos-resduos-de-sulfitos-em-accar-refinado-para-a-sad.html> > acesso em outubro de 2018.

BOURZUTSCHKY, H. C. C. Color formation and removal: options for the sugar and sugar refining industries: a review. **Zuckerindustrie**. v. 130, n. 7, p. 545-553. 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540 – SVS/MS de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. Disponível em site: < http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/PORTARIA_540_1997.pdf/3c55fd22-d503-4570-a98b-30e63d85bdad > acesso em outubro de 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução CNS/MS N.º 04, de 1988. Aprova a revisão das Tabelas I, III, IV e V referente a Aditivos Intencionais, bem como os Anexos I, II, III e VII, todas do Decreto n.º 55.871, de 26 de março de 1995. Revoga as Portarias, Resoluções e Comunicados, constantes dos Anexos V e VI. As substâncias relacionadas na forma do Anexo VII passam a ser consideradas, também, como coadjuvantes da tecnologia de fabricação. **Diário Oficial da União**. 19 de dezembro de 1988. Seção I. Disponível em site: < http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/Resolucao_04_1988.pdf/7311a4d9-d5db-44d6-adbd-c7e6891d079d > acesso em outubro de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RE nº 899, de 29 de maio de 2003. Aprova o “Guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos”. **Diário da União**. 2003. Disponível em site: < http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RE_899_2003.pdf > acesso em outubro 2018.

BRASIL. Projeto de lei nº 3.733 de 2015. Dispõe de teores máximos de dióxido de enxofre residual em açúcar, estabelece normas aplicáveis a operações de crédito industrial ou agroindustrial, e dá outras providências. **Comissão de Seguridade Social e Família**. 2015. Disponível em site: < http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=8793D2BA7C5264F6FAE9623BB0FF3131.proposicoesWebExterno1?codteor=1577854&filename=Tramitacao-PL+3733/2015 > acesso em outubro de 2018.

CAMARGO, C. A. **Conservação de Energia na Indústria do Açúcar e do Alcool: Manual de Recomendações**. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. p. 693. São Paulo. 1990.

CAPARICA, C. No tempo em que o açúcar não era vilão. **Ciência e Cultura**. V.62; n. 4. São Paulo. 2010. Disponível em site: < http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000400021 > acesso em setembro de 2017.

CARDOSO, W. S; et al. Determinação da concentração de sulfito para a manutenção da qualidade da cor em maçã desidratada. **Revista Analytica**. n. 29. 2007.

CHEMELLO, E. A Química na Cozinha apresenta: O Açúcar. **Revista Eletrônica. ZOOM**. Editora Cia da Escola – São Paulo, Ano 6, nº 4, 2005. [versão para impressão] Disponível em:< www.ciadaescola.com.br/zoom/materia.asp?materia=291 > acesso em setembro de 2017.

CHOU, C. C; et al. SAT process as a replacement for sulfitation in mill white sugar production. **International Sugar Journal**. v. 108, n. 1289, p. 247-253. 2006.

CONTEFLEX. Logística na cadeia de suprimentos: entenda o impacto das embalagens. 2017. Disponível em site: < <http://blog.confeflex.com.br/logistica-na-cadeia-de-suprimentos-entenda-o-impacto-das-embalagens/> > acesso em novembro de 2018.

CORRÊA, N. T. **Cinética da redução de cor ICUMSA em caldo de cana-de-açúcar por ozonização em reator RPA/CSTR para produção sulfur-free de açúcar branco**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2016.

DIAS, M. C; et al. **Influência da cor na preferência do açúcar cristal**. Congresso de iniciação científica – Anais de eventos da UFScar. v. 3, p. 29. 2007.

ENGENHO NOVO. **Clarificação de xarope por flotação**. Rio de Janeiro: TecEn Comercial. p. 7. 2008. Disponível em site: < <http://www.engenovo.com.br/pt/artigostecnicos/fxc.pdf> > acesso em novembro de 2018.

FAVERO, D. M; RIBEIRO, C. S. G; AQUINO, A. D. Sulfitos: importância na indústria alimentícia e seus possíveis malefícios a população. **Revista Eletrônica. Segurança alimentar e nutricional**. Campinas, SP, Brasil, v.18, n.1. 2011. Disponível em site: < <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8634684/2603> > acesso em março de 2018.

FONSECA, C. R. **Ozonização: Uma alternativa para clarificação do caldo de cana-de-açúcar**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2017.

GILLETT, T. R. **Color and colored nonsugars**. In: HONIG, P. Principles of sugar technology. Amsterdam: Elsevier Publishing Co. p. 214-290. 1953.

GODSHALL, M. A; LEGENDRE, B. L. Phenolic content of maturing sugar cane. **International Sugar Journal**. v. 90, n. 1069, p. 16-19. 1988.

GÓES, L. M. **Uso do metabissulfito de sódio na pós-colheita do camarão marinho *Litopenaeus vannamei***. Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2005.

HERTZOG, G. **Avaliação do processo de partição em comprimidos de hidroclorotiazida**. 2012. Disponível em site: < https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Curva-de-calibracao-para-a-hidroclorotiazida-padrao-por-espectrofotometria-no-UV_fig1_276120789 > acesso em outubro de 2018.

HUGOT, E. **Manual da Engenharia Açucareira**. São Paulo: Mestre Jou. v. 1. 1977.

ICUMSA – Methods Book – Method GS2/1/7/9 -33 (2011). Determinação de Sulfitos pelo Método Colorimétrico Rosanilina em Açúcar Branco-Oficial; em Açúcar Bruto VVHP – Tentativo e em Caldos e Xaropes/ Méis de Açúcar de Cana – Aceito; e em Açúcar Branco de Fabricação Direta – Aceito. Publicado por Verlag Dr. Albert Bartens KG, Berlim, Germany, 2011.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Orientação sobre validação de métodos de ensaios químicos. Rio de Janeiro; 2011. Revisão 4, 19 p. DOQ-CGCRE-008. Disponível em site: < http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/CGCRE/DOQ/DOQ-CGCRE-8_04.pdf > acesso em outubro de 2018.

KOBLITZ, M. G. B. **Estudo de métodos para a remoção de polissacarídeos que precipitam em cachaça**. Unidade Estadual de Campinas. Campinas. 1998.

KUNZ, A; et al. Construção e otimização de um sistema para produção e aplicação de ozônio em escala de laboratório. **Química Nova**. v. 23, n. 3, p. 426-428. São Paulo. 1999.

LAYAUN, S. **O açúcar industrializado e os riscos de seu consumo abusivo**. 2013. Disponível em site: < http://www.corpore.org.br/cws_exibeconteudogeral_4875.asp > acesso em: outubro de 2018.

LIMA, R. B. Processo de clarificação de caldo de cana-de-açúcar aplicando elétrons acelerados. IPEN. São Paulo. 2012.

LOPES, C. H. Problemas de qualidade do açúcar na armazenagem. **Revista Alcoolbrás**. Edição 105. 2008

LÜCK, E; JAGER, M. Conservación química de los alimentos, características, usos, efectos. **Zaragoza**. ed. 2. Editora Acribia. 1995.

MACHADO, R. M. D.; TOLEDO, M. C. F.; VICENTE, E. Sulfitos em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.9, n.4, p. 265-275. 2006.

MANE, J. D; et al. Mill scale evaluation of hydrogen peroxide as a processing aid: quality improvement in plantation white sugar. **International Sugar Journal**, v. 102, n. 1222, p. 530-533. 2000.

MARQUES, M. O; MARQUES, T. A; TASSO JÚNIOR, L. C. **Tecnologia do açúcar. Produção e industrialização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal-SP. Funep. 2001.

MATTOS, I. J; SHIRAISHI, K. A; BRAZ, A. D; FERNANDES, J. R. Peróxido de hidrogênio: importância e determinação. **Química Nova**. v. 26, n. 3, p. 373-380, 2003.

MESSA, S; NESPOLO, C. R. Produção e composição de diferentes tipos de açúcar. **SB Rural**. Ed. 202, ano. 9. UNIPAMPA. Itaquí. 2017. Disponível em site: < http://www.ceo.udesc.br/arquivos/id_submenu/285/rural_202.pdf > acesso em outubro de 2018.

MORILLA, C. H. G. **Viabilidade econômico-financeira da substituição de dióxido de enxofre por peróxido de hidrogênio na cadeia produtiva do açúcar**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP. Piracicaba. 2015. Disponível em site: < file:///C:/Users/Maria%20Cristina/Downloads/Cecilia_Higa_Gonzales_Morilla_versao_revisada.pdf > acesso em novembro de 2018.

NAGATO, L. A. F; et al. Verificação do método Monier-Williams otimizado na determinação de dióxido de enxofre em sucos de frutas, água de coco e cogumelo em conserva. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo. 2013.

OKUNO, M; TAMAKI, H. A. A novel technique for the decolorization of sugarcane juice. **Journal of Food Science**, v. 67, p. 236-238. 2002.

OLIVEIRA, D. T; ESQUIAVETO, M. M. M; SILVA JÚNIOR, J. F. Impacto dos itens da especificação do açúcar na indústria alimentícia. **Ciência Tecnologia Alimentos**. Campinas. 2007.

OLIVEIRA, T. M; et al. Uso de embalagem ativa na inibição do escurecimento enzimático de maçãs. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 29, n. 1, p. 117-128, jan./mar. 2008. Disponível em site: < <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/2861/2426> > acesso em outubro de 2018.

PERONI, D. G; BONER, A. L. Sulfite sensitivity. **Clinical & Experimental Allergy**, Oxford, v.25, n.8, p.680-681, 1995.

PIMENTEL, M. F; NETO, B. B. Calibração: uma revisão para químicos analíticos. **Química Nova**. p. 268-277. 1996.

QUATTRUCCI, E; MASCI, V. Nutritional aspects of food preservatives. **Food Additives & Contaminants**, Basingstoke, v.9, n.5, p.515-525, 1992.

RAMOS, J. E. M. **Produção de açúcar no Brasil Colonial**. 2010. Disponível em site: < https://www.historiado brasil.net/brasil_colonial/producao_acucar.htm > acesso em outubro de 2018.

ROSSETTO, R. **Árvore do Conhecimento Cana-de-Açúcar**. 2006. Disponível em site: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_97_22122006154841.html > acesso em outubro de 2017.

SANTOS, F. A. **Análise de trilha dos principais constituintes orgânicos e inorgânicos sobre a cor do caldo em cultivares de cana-de-açúcar**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2008.

SANTOS, M. B; FORTES, V. A. Estudo do processo de clarificação do açúcar, utilizando peróxido de hidrogênio 30%. Universidade do Vale do Paraíba. São Paulo. 2016.

SAPERS, G. M. Browning of foods: control by sulfites, antioxidants, and other means. **Food Technology**, Chicago, v.47, n.10, p.75-81, 1993.

SILVA, R. B; et al. **Aplicação da produção mais limpa no processo de clarificação do caldo de cana para produção de açúcar**. ENEGEP. Rio de Janeiro. 2008. Disponível em site: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/enegep2008_TN_STP_077_542_11704_000fxga1q2g02wyiv80soht9hb4z0hqy.pdf > acesso em outubro de 2018.

SIMIONI, K. R; et al. Efeito da variedade e época de colheita no teor de fenóis totais em cana-de-açúcar. **STAB**. v. 24, n. 3, p. 36-39. 2006.

SKOOG, D. A; et al. **Fundamentos de Química Analítica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 2006.

STUPIELLO, J. P. Efeito dos não açúcares. **STAB**. v. 20, n. 3, p. 10. Piracicaba. 2002.

TEIXEIRA, C. P. B. T; JARDIM, W. F. **Processos oxidativos avançados: conceitos teóricos**. UNICAMP. v. 1 (caderno temático 3). Campinas. 2004.

TFOUNI, S. A. V; VITORINO, S. H. P; TOLEDO, M. C. F. Efeito do processamento na contaminação de cana-de-açúcar e derivados por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, n. 1, p. 76-82. 2007.

TONEGURRI, C. A. **Calibração em química analítica: uma breve revisão**. Universidade Federal do Paraná. Paraná. 2017. Disponível em site: < <http://www.quimica.ufpr.br/tonegutti/Artigos/Calibracao.pdf> > acesso em outubro de 2018.

TREVIZOLI, M. R; NEVES, M. F. Gestão da inovação em empresas da indústria sucroenergética. **Revista de Administração da FATEA – RAF**, v. 10, n. 10, p. 6-141, jan/jun. 2015.

VASCONCELOS, J. N. Derivados da cana-de-açúcar. **STAB**. Açúcar, Álcool e Subprodutos, v. 20, n. 03, p. 16-18. 2002.

YABIKU, H.Y; et al. Níveis de conservadores intencionais em sucos naturais de frutas comercializados no Brasil. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.47, n.1/2, p.65-75, 1987.