



INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – CAMPUS ARAQUARI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E AMBIENTE

FRANCISCO ENOQUE DA COSTA MONTENEGRO

APROVEITAMENTO DE RIZOMAS DE HEDICHYUM CORONARIUM NA
SÍNTESE DE AÇÚCARES MEDIANTE HIDRÓLISE COM β -AMILASE
VEGETAL

LinhadePesquisa:Desenvolvimento de Processos eTecnologias Ambientais

Araquari-SC
Junho de 2021

FRANCISCO ENOQUE DA COSTA MONTENEGRO

**APROVEITAMENTO DE RIZOMAS DE HEDICHYUM CORONARIUM NA
SÍNTESE DE AÇÚCARES MEDIANTE HIDRÓLISE COM β -AMILASE
VEGETAL**

Relatório final de Pesquisa apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente do campus Araquari–SC, do Instituto Federal Catarinense como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof. Dr^a. Patrícia D. Neuenfeldt

Araquari – SC
Junho de 2021

FRANCISCO ENOQUE DA COSTA MONTENEGRO

**APROVEITAMENTO DE RIZOMAS DE HEDICHYUM CORONARIUM NA
SÍNTESE DE AÇÚCARES MEDIANTE HIDRÓLISE COM β -AMILASE VEGETAL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente, do Instituto Federal Catarinense – *Campus Araquari*.

Araquari/SC, onze de junho de 2021.

Autenticação eletrônica na Folha de Assinaturas

Prof. Dr.^a Patrícia Devantier Neuenfeldt
Orientador – IFC *Campus* São Francisco do Sul

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a Alessandra Machado Baron - UTFPR

Prof.^a Dr.^a Suellen Cadorin Fernandes – IFC Araquari



Emitido em 11/06/2021

DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI Nº 04/2021 - CCPGTA (11.01.02.31)
(Nº do Documento: 2)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 15/07/2021 17:37)

PATRICIA DEVANTIER NEUENFELDT

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

CPESIN/SFS (11.01.08.01.03.06)

Matricula: 1128953

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número: **2**,
ano: **2021**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI**, data de emissão: **15/07/2021**
e o código de verificação: **6ee0109125**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e
adaptado pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

M157a Montenegro, Francisco
APROVEITAMENTO DE RIZOMAS DE HEDICHYUM CORONARIUM
NA SÍNTESE DE AÇÚCARES MEDIANTE HIDRÓLISE COM α -
AMILASE VEGETAL / Francisco Montenegro; orientador
Patricia Devantier Neuenfeldt; coorientador Sandro
Rhoden. -- Araquari, 2021.
77 p.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal
Catarinense, campus Araquari, Mestrado Profissional
em Tecnologia e Ambiente, Araquari, 2021.

Inclui referências.

1. Hedychium coronarium. 2. α -amilase. 3. maltose.
I. Neuenfeldt, Patricia Devantier, II. Rhoden,
Sandro. III. Instituto Federal Catarinense. Mestrado
Profissional em Tecnologia e Ambiente. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria Luiza da Costa Montenegro e Benito Visgueiro Montenegro (in memoriam) que me despertaram o interesse pelo estudo desde a mais tenra infância.

Aos orientadores, Patricia D. Neuenfeldt e Sandro Rhoden pelo conhecimento compartilhado e empréstimo de material para a realização do presente trabalho.

Aos funcionários do Instituto Federal Catarinense, pelo esmero em todas as atividades, tendo como primazia a manutenção de um local agradável e humanista.

A Deus, autor da vida.

*“Aprende que nunca se deve dizer a uma criança que sonhos são bobagens...
Poucas coisas são tão humilhantes e seria uma tragédia se ela acreditasse nisso”.*

William Shakespeare.1564- 1616

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações.....	11
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUÇÃO.....	13
OBJETIVOS.....	14
1 REVIVÃO DA LITERATURA.....	15
1.1 Industria sucroalcooleira no Brasil.....	15
1.2 Monocultura da cana-de-açúcar.....	15
1.3 Classificação dos carboidratos.....	17
1.3.1 Glicose.....	19
1.3.2 Maltose.....	20
1.3.3 Maltotriose.....	23
1.3.4 Amido.....	24
1.4 Plantas alimentícias não convencionais.....	26
1.4.1 Lírio-do-brejo – <i>hedychium coronarium</i>	26
1.5 Malte.....	30
1.6 Amilases.....	31
1.7 Refratometria.....	32
1.8 Efeito do íon cúprico sobre os açúcares redutores.....	35
1.9 Complexometria.....	36
1.10 Quantificação de açúcares por DNS.....	38
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.1 Material.....	39
2.2 Amostragem.....	40
2.3 Preparo das amostras.....	41
2.4 Fatoração do Licor de Fehling.....	41
2.5 Relação Entre Glicose e Cu^{+2} por $\text{Na}_2\text{-EDTA}$	42
2.6 Determinação da umidade.....	42
2.7 Dosagem refratometrica dos açúcares.....	43
2.8 Dosagem do amido.....	43
2.9 Quantificação das fibras pelo método não enzimático.....	44
2.10 Preparo dos maltes.....	45
2.11 Determinação espectrofotometrica da glicose.....	45
2.12 Relação entre °Brix, título e molaridade.....	46
2.13 Teor de amido nos maltes por espectrofotometria.....	46
2.14 Taxa de hidrolise do amido nos maltes.....	46
2.15 Hidrolise enzimática do amido nos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	47
2.16 Teores de açúcares nos extratos de rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	47
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
3.1 Curva de calibração do Licor de Fehling.....	48
3.2 Relações mássicas entre glicose e $\text{Na}_2\text{-EDTA}$	49
3.3 Umidade nos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	50
3.4 Açúcares livres nos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	51
3.5 Teor de amido nos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	51
3.6 Teor de fibras nos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	52
3.7 Relação DNS-Glicose.....	53

3.8	Relações Entre Densidade e °Brix - Soluções de Maltose.....	54
3.9	Amido Nos Maltes.....	55
3.10	Comportamento Cinético nas Misturas de Malte.....	56
3.11	Açúcares nos Extratos Hidrolisados.....	60
3.12	Purificação dos Extratos Hidrolisados.....	62
3.13	VIABILIDADE DO PROCESSO.....	65
3.13.1	Balanço de massa do processo.....	65
3.13.2	Balanço de energia do processo.....	66
3.13.3	Avaliação dos custos.....	67
	CONCLUSÕES.....	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Classificação dos sacarídeos.....	17
FIGURA 2	Unidades monoméricas de alguns polissacarídeos.....	18
FIGURA 3	Grupo Acetal e Grupo Hemiacetal.....	18
FIGURA 4	Equilíbrio químico da glicose.....	19
FIGURA 5	Molécula de maltose.....	21
FIGURA 6	Estrutura da Maltotriose.....	24
FIGURA 7	Lirio-do-brejo (<i>Hedychium coronarium</i>).....	27
FIGURA 8	Processo de extração do amido dos rizomas da <i>Canna edulis</i>	29
FIGURA 9	Estrutura do refratômetro RSG-32-ATC.....	33
FIGURA 10	Estrutura do complexo EDTA-Cu.....	37
FIGURA 11	Reação colorimétrica do DNS.....	38
FIGURA 12	Correlações das titulações de Eynon-Lane para a glicose.....	48
FIGURA 13	Correlação entre Cu^{+2} e glicose mediante complexação.....	49
FIGURA 14	Curva de calibração espectrofotométrica para a glicose.....	54
FIGURA 15	Relação entre molaridade e °Bx nas soluções de maltose.....	55
FIGURA 16	Rampa de aquecimento do banho termostatizado.....	57
FIGURA 17	Curvas de hidrólise enzimática dos maltes.....	58
FIGURA 18	Extrato após relargagem e tratamento com carvão ativo.....	63
FIGURA 19	Extrato concentrado a 29° Bx.....	63
FIGURA 20	Fluxograma do Processo de obtenção açúcares a partir do <i>Hedychium coronarium</i>	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Etapas do prepare do malte.....	21
TABELA 2	Classificação dos xaropes de maltose comerciais.....	23
TABELA 3	Teores de amilose e amilopectina em algumas comodites	25
TABELA 4	Composição bromatologica dos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	27
TABELA 5	Condições de operação para algumas amilases.....	32
TABELA 6	Relação massica entre Cu^{+2} e glicose.....	35
TABELA 7	Constantes de Formação de complexos com EDTA.....	38
TABELA 8	Equipamentos e reagentes.....	40
TABELA 9	Locais de coleta dos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	40
TABELA 10	Relações entre consumo de Cu^{+2} e massa de glicose	48
TABELA 11	Relações mássicas entre Cu^{+2} e glicose via $\text{Na}_2\text{-EDTA}$	49
TABELA 12	Comparação entre valores propostos por Bates (1942) e glicose analisada indiretamente por complexação dos íons Cu^{+2}	50
TABELA 13	Teores de umidade nos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	50
TABELA 14	Açúcares livres presente no suco do <i>Hedychium coronarium</i>	51
TABELA 15	Teores de amido nos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	51
TABELA 16	Relação de p-valor ($\alpha = 0,05$) para teores de amido rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	52
TABELA 17	Quantificação de fibras nos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	53
TABELA 18	Correlções dos teores fibras nos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	53
TABELA 19	Parâmetros da calibração do espectrofotômetro.....	53
TABELA 20	Relações entre graus brix, título em massa e densidade das soluções de maltose.....	54
TABELA 21	Teores de amido nos maltes.....	55
TABELA 22	Tempo de hidrolise em função da formação de açúcares expressos em °Bx.....	57
TABELA 23	Açúcares formados nos rizomas submetidos a hidrólise expressos como maltose	60
TABELA 24	Açúcares formados nos rizomas submetidos a hidrólise expressos como maltose.....	61
TABELA 25	Relações entre as quantidades de amido antes e após tratamento enzimático nos rizomas de <i>Hedychium coronarium</i>	62
TABELA 26	Teores de A.R.T expressos em °Bx para os extratos tratados com 5 g de carvão ativo.....	64

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AOAC	Associação Americana de Químicos de Cereais
A.R.	Açúcar Redutor
A.R.T.	Açúcares Redutores Totais
°Bx	Grau Brix
CL ₉₅	Intervalo de Confiança a 95%
${}_4D^{20}$	Densidade de um líquido a 20 °C em relação a densidade da água a 4°C
DNS	Ácido 1,3-dinitro-salicílico
λ	Comprimento de onda de uma radiação
ϕ	Graus de liberdade em uma amostragem
SG	Gravidade específica
$t(\alpha=0,05)$	Teste t com 5% de significância
\bar{x}	Valor médio de um conjunto de dados

RESUMO

O emprego de plantas alimentícias não convencionais (PANC) é de suma importância como complementação na dieta humana, todavia, não explorado de forma satisfatória ainda que abundantes. A disseminação do conhecimento de espécies vegetais, muitas pouco conhecidas e exploradas, dentre as quais citadas na literatura como daninhas pode colaborar com a redução da fome em diversos recantos do globo. No Brasil, sobretudo em ambientes úmidos é abundante o *Hedyhchium coronarium*, planta que contém em seus rizomas, quando secos, teores significativos de amido, na ordem de 21,97% (ASCHERI et al, 2010). O polvilho obtido dos rizomas em questão pode apresentar até 87,2% de amido (KINNUP e LORENZI, 2015). Todavia, devido ao elevado teor de fibras e látex a extração do amido presente nos rizomas da espécie citada mostra-se difícil e até o presente momento não foi desenvolvido um processo eficaz para aproveitá-lo. A proposta deste trabalho é apresentar uma tecnologia capaz de converter o amido presente nos rizomas de *Hedyhchium coronarium* em açúcares solúveis liberando-os de seu substrato fibroso mediante ação de β -amilase oriunda de malte de trigo. Assim, o desempenho do processo teve como base um levantamento da composição bromatológica de rizomas coletados em São Francisco do Sul-SC em tipos de solos e estações distintas. Uma vez definidos os teores de umidade, amido e fibras nas amostras foi avaliado o grau de conversão do polissacarídeo citado em açúcares solúveis. Os resultados foram expressos em teores de glicose e maltose, tendo em consideração que a enzima citada atua de modo a produzir majoritariamente estes dois últimos açúcares. Os ensaios analíticos tomados para o levantamento do teor de glicose foi o espectrofotométrico com base no reagente 1,3 dinitro-salicílico. Os teores de açúcares redutores totais foram avaliados por redução de ions Cu^{+2} em Cu^{+} , sendo o excesso de Cu^{+2} determinado por complexometria através de $\text{Na}_2\text{-EDTA}$. A maltose nos extratos foi determinada pela diferença entre os teores dos açúcares redutores totais e a glicose. Maltotriose não foi determinada isoladamente e sua expressão foi contabilizada como glicose. A avaliação da conversão realizada pela β -amilase teve como base decálculo 50% do amido presente no próprio rizoma e a diferença, a quantidade de amido intrínseca ao próprio malte utilizado. Os tratamentos, que envolveram rizomas crus e rizomas previamente cozidos, apresentaram diferenças significativas para o teste t com intervalo de 95% de confiança sendo o mais efetivo verificado mediante a hidrólise dos rizomas cozidos com conversão de 72,19% do amido total, dos quais, 97,48% expresso em maltose. Os extratos obtidos apresentaram coloração marrom intensa e leituras não acima de 3,50 °Bx. Após tratamento com carvão ativado foi possível remover a coloração, no entanto os extratos sofreram redução significativa nos teores de açúcares, caindo para 1,10 °Bx ficando como perspectiva de trabalho futuro uma proposta de processo capaz de promover a obtenção de um extrato mais límpido e sem as perdas constatadas.

Palavras-chave: hedyhchium coronarium, carboidratos, β -amilase, plantas alimentícias não convencionais.

ABSTRACT

The use of unconventional food plants (PANC) is of paramount importance as a complement to the human diet, however, not satisfactorily explored, although abundant. The dissemination of knowledge of plant species, many of which are little known and explored, among which are cited in the literature as weeds, can help reduce hunger in various parts of the world. In Brazil, especially in humid environments, *Hedychium coronarium*, plant is abundant which contains in its rhizomes, when dry, significant levels of starch, in the order of 21.97% (ASCHERI et al, 2010). The starch obtained from the rhizomes in question can present up to 87.2% of starch (KINNUP and LORENZI, 2015). However, due to the high content of fibers and latex, the extraction of starch present in the rhizomes of the aforementioned species is difficult and so far an effective process has not been developed to take advantage of it. The purpose of this work is to present a technology capable of converting the starch present in the rhizomes of *Hedychium coronarium* into soluble sugars, releasing them from their fibrous substrate through the action of β -amylase from wheat malt. Thus, the performance of the process was based on a survey of the bromatological composition of rhizomes collected in São Francisco do Sul-SC in different types of soils and seasons of converting said polysaccharide into solubles. The results were expressed in glucose and maltose contents, taking into account that the aforementioned enzyme acts to produce mostly these last two sugars. dinitrosalicylic. The total reducing sugar contents were evaluated by reduction of Cu^{+2} ions into Cu^{+} , and the excess of Cu^{+2} was determined by complexometry using $\text{Na}_2\text{-EDTA}$. The maltose in the extracts was determined by the difference between the levels of total reducing sugars and glucose. Maltotriose was not determined in isolation and its expression was counted as glucose. The evaluation of the conversion performed by β -amylase was based on 50% of the starch present in the rhizome and the difference, the amount of starch intrinsic to the malt used. The treatments, which involved raw rhizomes and previously cooked rhizomes, showed significant differences for the t test with a 95% confidence interval, the most effective being verified by hydrolysis of cooked rhizomes with conversion of 72.19% of total starch from which, 97.48% expressed in maltose. The extracts obtained showed intense brown color and readings not above 3.50 °Bx. After treatment with activated charcoal it was possible to remove the color however the extracts suffered a significant reduction in sugar content, dropping to 1.10 °Bx, with a proposal for a process capable of promoting the obtainment of a clearer extract as a perspective for future work without the losses found

.Keywords: *hedychium coronarium*, carbohydrates, β -amylase, unconventional food plants.

INTRODUÇÃO

Problemas ambientais, indicadores econômicos débeis e a falta de gerência governamental geram insegurança alimentar sobretudo na população economicamente vulnerável. Somado a isso, a desapropriação de pequenos produtores rurais, impacto causado pelo agronegócio, dominado por latifundiários, cuja preocupação está mais vinculada ao lucro que a mitigação do sofrimento humano. Assim, torna-se urgente uma reforma não apenas na produção de alimentos, mas na forma como estes devem ser distribuídos, a saber, de forma justa e preço acessível de modo a garantir um direito fundamental: o acesso as necessidades calóricas básicas. O enfretamento da fome deve ser prioridade de qualquer governo e sua omissão implica no aumento das diferenças sociais, marginalização dos mais pobres, problemas de saúde pública e alienação. Fora isso, o cenário afetado por pandemia e iminência de grave crise econômica maximiza a tendência de uma alimentação sofrível nas famílias menos abastadas. É imperativo que parte das arrecadações geradas pelos impostos seja destinada ao suprimento alimentar dos menos favorecidos bem como o incentivo ao pequeno produtor rural. O emprego de plantas alimentícias não convencionais (PANC) como complementação nutricional abrange aspectos econômicos e culturais. Esse cenário favorece a economia familiar e permite aproveitar espécies botânicas pouco conhecidas ou que perderam espaço para o comércio de comodites cultivadas em grande escala. Além disso espécies vegetais classificadas como invasoras e daninhas apresentam grande potencial de exploração no setor alimenticio, energético e geração de materias primas (KINUPP e LORENZI, 2015). *Hedychium coronarium*, conhecido vulgarmente por lírio-do-brejo ou lírio-borboleta é uma espécie vegetal dotada de grande potencial em termos de biomassa. Largamente disseminado em terrenos umidos, encerra em seus rizomas teores significativos de amido, contudo é pouco explorado dada a presença de latex e fibras em seus rizomas, que dificultam seu processamento. A tentativa de extração mecânica do amido na forma de polvilho não é viavel, apresentando baixos rendimentos (ASCHERI et al, 2010). Assim, *Hedychium coronarium* encontra aplicações ainda bastante restringidas no setor alimenticio. Todavia, sendo o amido uma substância suscetível a hidrolise ácida e enzimática, pode ser convertido em carboidratos solúveis. Esse tipo de tecnologia é de longa data explorada no aproveitamento do amido de milho objetivando a produção de etanol, processo bastante usado nos EUA. Dentro dessa perspectiva, é possível aproveitar o potencial calórico do amido contido nos rizomas de *Hedychium coronarium* na forma de açúcares com massas molares reduzidas, especificamente glicose mediante hidrolise ácida bem como glicose e maltose através de hidrolise com β -amilase sob condições de pH e temperatura controladas, proposito principal deste trabalho. No tocante ao processo de hidrólise são abordados dois tratamentos distintos, sendo um empregando rizomas *in natura* e outro, com rizomas cozidos - o cozimento da materia prima antes do processo de hidrólise, ou gelatinização é empregado na indústria alcooleira porque promove o inchamento dos grãos de amido favorecendo seu desdobramento em açúcares com massas molares mais reduzidas. A comparação dos resultados obtidos se baseram em teste T ($\alpha=0,05$) emparelhado de modo a verificar a eficácia dos tratamentos e a relação entre os teores expressos em maltose e glicose comparados com parametros comerciais (EDUARDO, 2002) e por fim, realizado o levantamento de viabilidade do processo.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Promover a sacarificação do amido contido em rizomas de *Hedychium coronarium* mediante ação de β -amilase vegetal e expressar os açúcares obtidos em termos de glicose e maltose.

Objetivos Específicos

Efetuar levantamento bromatológico dos rizomas de *Hedychium coronarium* coletados em estações diferentes na cidade de São Francisco do Sul-SC.

Avaliar o rendimento da conversão do amido presente nos rizomas de *Hedychium coronarium* em termos de glicose e maltose.

Verificar a taxa de hidrólise enzimática do amido presente em rizomas de *Hedychium coronarium* visando aplicações industriais quanto ao emprego da citada espécie, na produção de maltose.

Promover o balanço mássico e energético do processo de hidrólise para comparação do custo de produção de açúcares a partir dos rizomas de *Hedychium coronarium* em relação ao valor de varejo da maltose.

1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1 INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA NO BRASIL

Até o início da Idade Moderna, acompanhada pelas grandes navegações, os europeus importavam açúcar oriundo da África Setentrional e Índia. Os árabes contudo impunham ao produto elevado valor, restringindo seu consumo às classes mais abastadas. As Coroas Portuguesa e Holandesa tinham interesse no setor e buscaram explorar suas colônias com o intuito de produzir açúcar. Dada a competição no mercado, a Coroa Portuguesa iniciou o cultivo da espécie na Ilha da Madeira, onde os primeiros engenhos foram experimentados.

O cultivo da cana-de-açúcar para fins comerciais no Brasil teve início em 1533 na Capitania Hereditária de São Vicente por Martin Afonso de Souza, que trouxe mudas da Ilha da Madeira, empreendimento bem sucedido e por consequência, estendido em uma faixa litorânea que se estende da Região Sudeste até a Região Nordeste em virtude das características intrínsecas ao clima e solo (VIANNA, 1961). O foco da cultura da cana-de-açúcar era, no período do Brasil Colônia, a produção de sacarose e, em menor proporção, aguardente ou cachaça (FERNANDES, 1971).

1.2 MONOCULTURA CANAVIEIRA E SEUS IMPACTOS

Embora o setor sucroenergético represente 1,3% do PIB brasileiro e haja volumosa divulgação do etanol como substância de caráter renovável, problemas de cunho ambiental, político e social o tangenciam (RAMOS e NACHILUK, 2015). Sob a perspectiva econômica, é indubitável que a cultura da cana-de-açúcar gere divisas ao Estado, no entanto não se pode omitir que os investimentos no setor são realizados de forma injusta. Atualmente a produção agrícola no Brasil apresenta um paradoxo: as grandes propriedades produzem menos e ganham mais recursos do governo enquanto que, por outro lado, os pequenos produtores, que representam a porção majoritária das riquezas agrícolas, recebem menor fomento. Ainda assim, estabelecimentos com menos de 50 ha ligados aos CAI

(Complexos Agroindustriais), que representam pouco mais que 12% das terras agricultáveis do Brasil representam 80% da produção (MARTINE,1991). Isso implica na industrialização da agricultura, moldada pelo agronegócio, concedendo poder aos donos de terras e promovendo a exclusão dos pequenos produtores. Possuindo as maiores áreas e dotados de mais recursos financeiros, os latifundiários podem investir em maquinários mais sofisticados e definir com maior flexibilidade sua mão de obra, o que normalmente se dá a cargo dos boias-frias, trabalhadores rurais paupérrimos, excluídos socialmente e que se submetem ao trabalho nas fazendas em regime de semiescravidão, o que por sinal é muito lucrativo aos grandes empresários do setor. Os operários que labutam nas lavouras de cana-de-açúcar, dado o regime de trabalho temporário, vivem em sua grande maioria marginalizados, sem perspectivas para si mesmos e seus dependentes, fenômeno que poderia ser evitado caso a agricultura familiar fosse incentivada com maior rigor, tornando a distribuição das riquezas mais homogênea e justa (TEIXEIRA et al, 2011).

No tocante a questão ambiental é de suma importância salientar a forma como se realiza a monocultura da cana-de-açúcar no Brasil: entre as safras, plantações são simplesmente queimadas com o intuito de facilitar o trabalho dos boias-frias. O processo torna o solo menos mineralizado, mais duro e impermeável à água, aumentando o risco de desertificação muito embora muitas fazendas empreguem o vinhoto resultante da produção de álcool como fertilizante. Assim, é imprescindível o processo de adubação química subsequente, com compostos de nitrogênio, potássio e fósforo, cada vez mais onerosos para um país que consumiu em 2012, 6,5% dos 178,2.10⁶ toneladas de NPK produzido no mundo (DIAS, 2018; ALVES, 2012). Na tentativa de contornar os impactos ambientais causados pela cultura da cana-de-açúcar otimizações nos processos fabris de etanol passaram a ser desenvolvidos. Espécies ricas em amido, a exemplo da mandioca e batata-doce passaram a se mostrar como potencialmente úteis na produção de álcool carburante (RIZOLLO,2014; BARROS et al, 2018) o que implica em menor consumo de sacarose no setor. A produção de etanol de segunda geração, denominado no mercado como E₂G, está em fase de desenvolvimento, sendo a matéria prima, o bagaço da cana-de-açúcar, composto de material lignocelulósico o qual pode ser convertido em monossacarídeos fermentescíveis mediante ação de enzimas celulasas (CARPIO e SOUZA, 2017).

1.3 CLASSIFICAÇÃO E ESTRUTURA DOS CARBOIDRATOS

Carboidratos ou os hidratos de carbono são compostos gerados mediante biossíntese pelos vegetais como consequência do processo fotossintético. Apresentam fórmula mínima $[C(H_2O)_n]$, onde n é um número inteiro. A reação ocorre com consumo de anidrido carbônico atmosférico e de água, esta última absorvida pelas raízes das plantas. Durante o processo fotossintético o anidrido carbônico é totalmente aproveitado na síntese de carboidratos formando cadeias carbônicas em associação ao hidrogênio oriundo da água enquanto que o oxigênio é posto em liberdade a partir desta última. Trata-se de um processo endotérmico, processado em presença de luz e catalisado por pigmentos clorofiláceos em bandas distintas com picos situados a 450- 650 nm e 475-675 nm, para as clorofilas alfa e beta, respectivamente (GROSS et al, 2015). Se o carboidrato apresentar número de carbonos menor ou igual a seis, diz-se que é monossacarídeo. Nesta categoria estão classificadas as pentoses, com cinco átomos de carbono, sendo as mais representativas na natureza a ribose, $C_5H_{10}O_5$ e a desoxirribose, $C_5H_{10}O_4$. As hexoses, de interesse químico industrial mais preponderante, apresentam seis átomos de carbono e abrangem três isômeros da glicose, $C_6H_{12}O_6$, que podem sofrer condensação gerando outros grupos de carboidratos conforme ilustra a Figura 1.

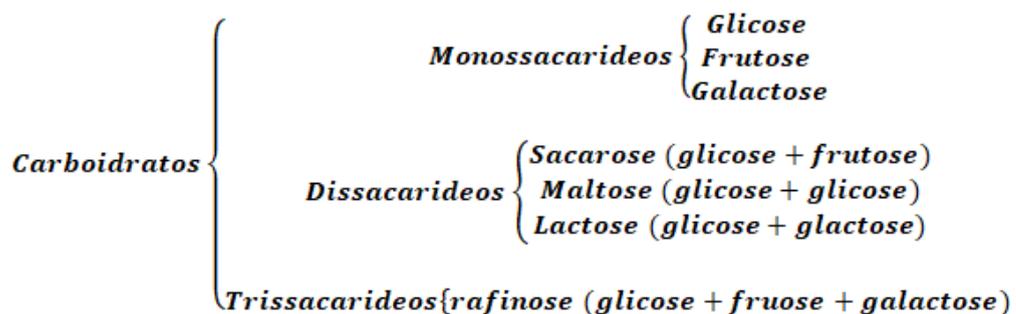


FIGURA 1. Classificação dos sacarídeos.
 FONTE: ALLINGER et al (1976). Adaptado.

Os compostos discriminados na Figura 1 apresentam atividade óptica, propriedade edulcorante e são solubilizáveis em água. Carboidratos de elevado peso molecular, onde o número de unidades de glicose varia entre 1.000 e 30.000 unidades são classificados como polissacarídeos (Figura 2). Não apresentam

propriedade edulcorante, são insolúveis em água e, se submetidos a hidrólise ácida, são degradados em unidades glicosídicas.

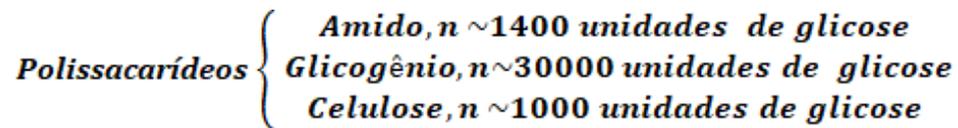


FIGURA 2. Unidades monoméricas de alguns polissacarídeos.
 FONTE: ALLINGER et al (1976). Adaptado.

Carboidratos que diminuem o número de oxidação dos íons Ag^+ em Ag^0 mediante emprego do Reagente de Tollens ou ainda, dos íons Cu^{+2} em Cu^+ , através do Reagente de Benedict, ambos em meio alcalino, são denominados açúcares redutores. (MORITA e ASSUPÇÃO, 2007). Estão incluídos neste grupo todos os açúcares que apresentam grupo hemiacetal (Figura 3). Se o açúcar apresentar grupo acetal, não gera teste positivo na redução de íons Ag^+ .

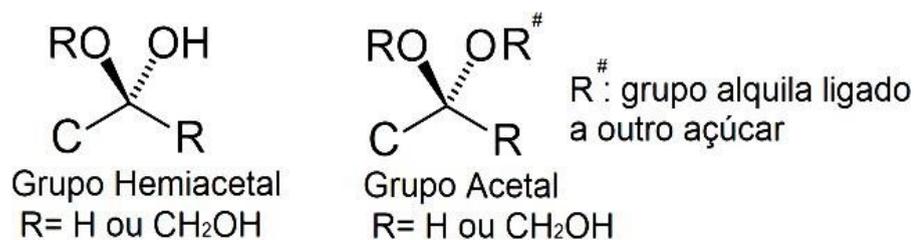


FIGURA 3. Grupo Acetal e Grupo Hemiactal.
 FONTE: SOLOMONS e FRYHLE, 2002. Adaptado.

Os Reagentes de Tollens e de Benedict possibilitam a identificação e a quantificação de açúcares redutores porque devido ao elevado potencial hidrogeniônico ocorre favorecimento na conversão do açúcar da forma de cetose para aldose. Frente ao Reagente de Tollens a estequiometria da oxirredução é definida como (MORITA e ASSUPÇÃO, 2007):



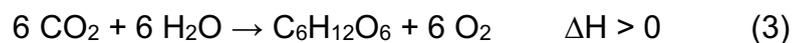
Em relação ao Reagente de Benedict tem-se:



Com relação a atividade óptica, os carboidratos são encontrados na natureza nas formas levogira e dextrógira. Tal propriedade é de grande valia na análise qualitativa e em vários setores industriais, dentre os quais, produção de alimentos, bebidas e fármacos.

1.3.1 Glicose

Monossacarídeo vastamente difundido no reino vegetal, a glicose manifesta-se tanto na forma isolada quanto combinada, sendo encontrada como o dímero maltose, o trímero maltotriose ou ainda em polissacarídeos de alto peso molecular, com destaque para o amido (amilopectina e amilase) e celulose. É gerada no processo fotossintético pela fixação do dióxido de carbono atmosférico e água:



Possui massa molecular $180,16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, funde em um intervalo de temperatura entre $146 \text{ }^\circ\text{C}$ e $150 \text{ }^\circ\text{C}$ degradando sob aquecimento maior. Apresenta $[\alpha]_D^{20} = +52,70^\circ$ a 10% de concentração (PUBLICHEM, 2019). Sob o ponto de vista físico-químico, a glicose apresenta-se como substância polar, cuja molécula, por ser dotada por grupos hidroxila é solúvel em água, onde ocorre um equilíbrio entre a forma cíclica e aberta (SOLOMONS, 2002). O equilíbrio mencionado é afetado pelo potencial hidrogeniônico de sorte que em meio alcalino há majoritariamente a forma aberta como ilustra a Figura 4.

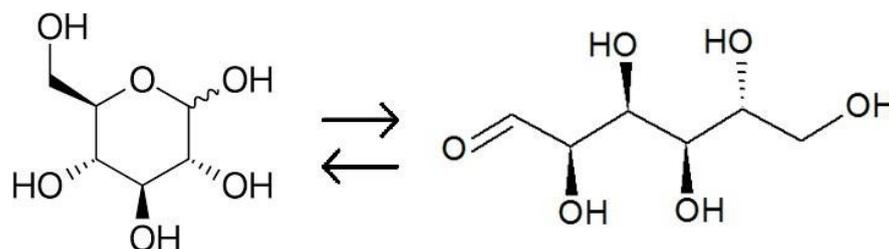
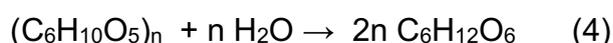


FIGURA 4. Equilíbrio químico da glicose.
FONTE: SOLOMONS (2002). Adaptado.

Nesse equilíbrio a glicose exibe seu máximo caráter redutor uma vez que o grupo aldeído fica exposto, sofrendo o mínimo de interferência estérica. Assim, reage estequiometricamente com agentes oxidantes, com destaque para os íons

Ag⁺ e Cu²⁺. Tal comportamento é inclusive empregado para a determinação quantitativa do açúcar em questão.

Industrialmente a glicose apresenta grande interesse, sendo usada para finalidades diversas, abrangendo sobretudo produção de alimentos e combustíveis. As fontes exploradas variam de acordo com a finalidade do produto, sendo o amido (C₆H₁₀O₅)_n obtido de tubérculos e cereais as principais fontes sendo obtida por hidrólise:



Reação similar ocorre com a celulose, nesse caso, processo empregado na fabricação de etanol de segunda geração (SANTOS et al, 2012). Xaropes doces de dissacarídeos com unidades expressas em termos de glicose obtidos de amido são processados em presença de leveduras do gênero *Saccharomyces* de modo que o teor alcoólico fique entre 8 e 12%, uma limitação intrínseca a levedura. A mensuração é feita em °Brix, onde cada 1° GL de etanol é proporcional a °Brix de concentração para o mosto (CORAZZA et al, 2001).

A produção de xaropes de glicose, destinados a alimentação humana envolve usualmente a hidrólise ácida do amido de milho, sendo a correção da acidez realizada com substância alcalina a exemplo do hidróxido de cálcio. A Farmacopéia Brasileira define como xarope qualquer composição caracterizada pela alta viscosidade que apresente não menos que 45% de açúcares (FB, 1958). De acordo com o processo usado na fabricação do xarope podem existir outros solutos além da glicose como por exemplo cloreto de sódio, proteínas e substâncias caramelizadas que alteram significativamente as características organolépticas do produto.

1.3.2 Maltose

Dissacarídeo constituído por duas unidades de glicose condensadas, a maltose (Figura 5) é um açúcar pouco abundante na natureza, sendo manifestado durante o processo de malteação ou brotamento dos cereais. Possui fórmula molecular C₁₂H₂₂O₁₁ na forma anidra, sendo comercializada na forma hidratada com massa molar igual a 362,32 g.mol⁻¹. Constitui um isômero da sacarose.

Apresenta temperatura de fusão 125 °C, sofrendo degradação térmica pelo incremento de calor. Reage ao Licor de Fehling, convertendo íons Cu^{+2} solúveis em Cu^+ , tratando-se de um açúcar redutor. No espectro ultravioleta, absorve entre λ 260 e 280 nm, propriedade de interesse químico qualitativo. Possui atividade óptica de modo que a solução a 10% apresenta $[\alpha]^{20}_{\text{D}}$ entre $+135^\circ$ e $+139^\circ$ (MERCK, 2019).

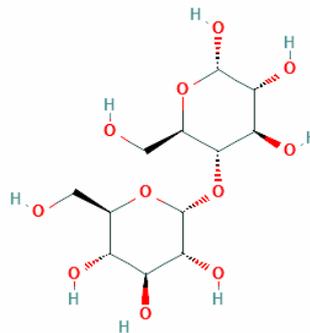


FIGURA 5: Molécula de maltose.
Fonte: Publichem (2020)

Durante a malteação parte do amido presente nos grãos dos cereais é convertidos em maltose devido a ação da enzima (1-3, 1-4)- β -glucanases (EC 3.2.1.73) em temperaturas que variam entre 12 °C e 26 °C, sendo a temperatura ideal, 15° C e umidade entre 42 e 48% (BELETI et al, 2012). Industrialmente o processo é realizado pela imersão dos grãos dos cereais em água por 4 dias, quando se evidencia o brotamento. Após essa etapa os grãos são secos em três fases, conforme a Tabela 1, as quais possuem como objetivo preservar as enzimas produzidas.

TABELA 1. Etapas do preparo do malte. Fonte: SCHIMIDEL et al (2001)

Temperatura	Objetivo
50° C a 60° C	Redução de umidade até 23%
70° C	Redução da umidade para 12%
72° C a 92° C	Secagem final

Fonte: SCHIMIDEL et al (2001)

Nas indústrias cervejeiras a maltose é biossintetizada durante o processo de brassagem onde grãos germinados ou maltes são submetidos ao aquecimento em presença de β -amilase sob regime de acidez e temperatura controlados. Etapas preliminares de aquecimento podem ser adotadas de modo a aproveitar outras enzimas existentes no malte, no entanto não se verifica então especificidade quando a geração da maltose havendo inclusive etapas nas quais ocorrem

reações proteolíticas. Se o malte estiver seco a conversão de amido em maltose cessa no endosperma. Em presença de água, em temperaturas superiores a 75 °C há inativação das amilases (SHIMIDEL et al, 2001). No setor cervejeiro importa que o teor de amido da mostura fique ajustado de acordo com o teor alcóolico pretendido na bebida, o que se baseia na equivalência mássica entre amido e maltose. Valores situados entre 11° e 15° Brix são normalmente adotados e permitem obter cervejas com teor alcóolico em torno de 7% (OLIVEIRA et al, 2015). A maltose, em se tratando de produção cervejeira, pode então ser sintetizada a partir do amido presente nos endospermas dos grãos ou gerada mediante a combinação dos últimos com uma fonte extra de carboidratos.

A produção de xarope de maltose comercial usado como adjunto na produção de cervejas e indústrias alimentícias se baseia na hidrólise enzimática do amido oriundo do milho e da batata. Tais insumos precisam ser submetidos ao processo de gelatinização, tratamento que consiste no aquecimento do amido contido nas matérias primas citadas em presença de água. Embora a gelatinização promova hidratação dos grãos de amido, afeta profundamente as propriedades reológicas do sistema, havendo necessidade de cuidado para que não ocorra aumento substancial da viscosidade a ponto de inviabilizar a cinética do processo. Além disso, outro ponto a ser considerado é que sistemas saturados de amido em água apresentam comportamento de fluido não-newtoniano, grande empecilho em termos de operações unitárias, dentre as quais, transferência de massa, filtração, sedimentação e agitação. O comportamento reológico dos géis destinados a produção da maltose varia de acordo com a espécie botânica usada. Amido oriundo de tubérculos e rizomas, denominados féculas, apresentam teores de amilopectina superiores àqueles verificados nos cereais e formam géis menos rígidos que os sistemas com predominância de amilose, típicos dos cereais (SCHIMIDEL et al, 2001). A dispersão em água tende a reduzir a viscosidade do sistema e é necessário para atuação das enzimas (DENARDIN e SILVA, 2009). Em todo o caso a equação cinética do processo enzimático auxilia na determinação do tempo necessário a completa conversão de amido em maltose. O andamento da reação também pode ser acompanhado através de ensaios qualitativos para presença de amido. Usa-se para o devido fim solução de iodeto de potássio-iodo a 5% ou mesmo Lugol comercial. A manifestação de coloração azul, indica que o processo não está finalizado em virtude do complexo iodo-amido formado. A permanência da cor amarela do iodo na alíquota testada indica que todo o amido

foi hidrolisado. Definido o fim da mosturação é possível quantificar o açúcar formado, no caso a maltose, por refratometria mediante a Equação 5 onde o teor de açúcar no mosto é expresso em Graus Brix (MATOS, 2005.).

$$\text{Massa de açúcar (g)} = \frac{\text{Teor de açúcar no mosto} \times \text{Massa de mosto (g)}}{100} \quad (5)$$

Segundo Dornerman (2016) o ensaio refratométrico não é específico, implicando em erros quantitativos em xaropes uma vez que estes podem apresentar composições bastante variadas conforme a Tabela 2.

TABELA 2: Classificação dos xaropes de maltose comerciais.

Tipo de Xarope	Teor de Maltose	Teor de Glicose	Teor de Maltotriose
Alto Teor de Maltose	30,0-45,0%	0,5-3,0%	6,0-25%
Extremo Teor de maltose	70,0-85,0%	1,0-3,0%	8,0-21%
Alta Conversão	30,0-47,0%	35,0-43,0%	8,0-15,0%

FONTE: EDUARDO (2002)

Se o processo de mosturação envolver apenas β -amilase, o único produto formado em virtude da hidrólise do amido é a maltose, dada a especificidade enzimática. Nesse caso, a determinação do teor de açúcar nos extratos pode ser feita de forma mais precisa, embora demandando mais tempo, com base na Reação de Fehling.

Embora as commodities para a produção da maltose em voga sejam o milho e a batata, estudos vêm sendo realizados visando, para o mesmo propósito, espécies botânicas diferenciadas. O emprego da puba de mandioca, mediante hidrólise com α -amilase bacteriana, obteve produto de características similares ao xarope de milho (EDUARDO, 2002).

1.3.3 Maltotriose

A condensação de três moléculas de glicose constituem o composto maltotriose (Figura 6) também denominada amilotriose, de fórmula molecular $C_{18}H_{32}O_{16}$, de massa molar 504,43 g/mol e temperatura de fusão entre 132°C e 135°C. (PUBLICHEM, 2019).

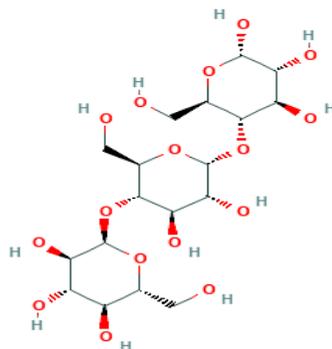


FIGURA 6: Estrutura da Maltotriose.
 FONTE: PUBLICHEM (2019).

Trata-se de uma substância de coloração branca, cristalina, dotada de grupo acetal e sintetizada a partir de fontes amiláceas por ação da α -amilase (SIGMA, 2003). Ocorre como matéria residual de processos fabris de monossacarídeos e dissacarídeos a partir do amido como fonte estando presente em frações ínfimas em xaropes de glicose e maltose comercial em decorrência de limitações no processo de purificação sendo que na malteação dos cereais pode atingir concentrações importantes. No caso específico do trigo, seu teor pode oscilar entre 15 e 20% (DIETVORST et al. 2005).

Em bebidas destiladas a maltotriose pode ser removida no processo de retificação, no entanto em bebidas fermentadas tende a interferir de forma significativa nas propriedades organolépticas e índice glicêmico do produto acabado. Se submetida a hidrólise ácida, a molécula de maltotriose sofre degradação em unidades de glicose. Na indústria alcooleira e de bebidas fermentadas a maltotriose residual não é um subproduto interessante pois ainda que sirva como fonte de carbono, necessita ser hidrolisada, caso contrario, pode promover a redução do teor alcoólico no produto acabado devido a resistência oferecida pela membrana celular (VIDGREN, 2010).

1.3.4 Amido

Resultante da condensação de unidades de glicose, o amido é um polissacarídeo encontrado nos amiloplastos das células vegetais e utilizado como reserva energética. Apresenta fórmula geral $(C_6H_{10}O_5)_n$, onde o termo n indica o número de repetições de unidades monoméricas de glicose que o compõe. Apresenta reação neutra em termos de potencial hidrogeniônico, se decompõe

termicamente a cerca de 200 °C sem sofrer fusão e é praticamente insolúvel em água. Sob o ponto de vista estrutural, pode se apresentar na forma de amilose, com massa molar $25 \cdot 10^4$ D e de cadeia linear e na forma de amilopectina, com $50 \cdot 10^6$ a $500 \cdot 10^6$ D, de cadeia ramificada (DENARDIN e SILVA, 2009). Ambas as formas estão presentes nos grânulos de amido em proporções variáveis, conforme a espécie botânica. Diferem em termos de propriedade químicas e físicas sendo a forma mais simples de caracterização, a reação ao lugol, visto que a amilopectina dá complexo de cor violeta enquanto que a amilose, complexo coloração azul (HOSTETTLER et al, 2011). Expostos a água, os grânulos de amido ricos em amilopectina tendem a se hidratar com mais facilidade que os ricos em amilose. Em consequência os géis formados por amidos ricos em amilose apresentam viscosidade maior que aqueles obtidos da amilopectina, considerando mesmas concentrações. Ao microscópio grânulos ricos em amilose apresentam impedância mais efetiva a passagem de luz. No entanto é impossível quantificar a relação amilose/amilopectina por esse tipo de equipamento. Tais propriedades resultam do fato que a amilose apresenta grau de cristalinidade maior que a amilopectina (DENADRIM e SILVA, 2009). A Tabela 3 apresenta o teor de amilase amilopectina em diversas espécies.

TABELA 3: Teores de amilose e amilopectina em algumas comodites.

Fonte de Amido	Amilose %	Amilopectina %
Trigo	30,94±0,19	69,06±0,19
Sorgo	28,66 ±0,11	71,34±0,11
Milho	22,60±0,23	77,40±0,23
Arroz	22,88±0,04	77,12±0,04
Mandioca	23,59±0,08	76,41±0,08

FONTE: HASSAN et al (2015). Adaptado.

O conhecimento da relação entre o teor de amilose e amilopectina vem despertando interesse industrial em virtude das propriedades químicas e reológicas em função da espécie botânica escolhida. Dessa forma é possível promover melhorias em processos químicos industriais no tocante a fabricação de diversos produtos mediante a escolha mais assertiva do tipo de amido. Dentro dessa filosofia diversas alternativas vêm sendo estudadas com o intuito a atender nichos específicos da indústria havendo situações inclusive nas quais há possibilidade de substituição do emprego das commodities em processos há muito consolidados por espécies outrora desconhecidas do público, exóticas ou que mesmo nunca

receberam a devida atenção.

1.4 PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS

Espécies vegetais não comerciais de desenvolvimento não espontâneo utilizadas na suplementação alimentar humana e animal são denominadas plantas alimentícias não convencionais ou PANC. Muitas apresentam caráter exótico e não raras as vezes, conhecidas em regiões geográficas bem definidas. O estudo das PANC abrange aspectos de grande relevância: a robustez no desenvolvimento e o potencial nutritivo não raras as vezes associado a propriedades terapêuticas (KINNUP e LORENZI, 2015). Em geral são rústicas e por consequência, tolerantes a ação de pragas, característica interessante sob o ponto de vista produtivo.

Devido ao fato de muitas PANC estarem associadas a culturas locais, exigem perícia quanto a identificação evitando-se assim o consumo de espécies tóxicas. Esse tipo de cuidado é imprescindível devido a ocorrência de mimetismos, o que pode resultar em eventos mórbidos. O estudo das PANC começou a ser sistematizado por Kinupp (2007) após levantamentos bromatológicos e fitotécnicos sobre espécies menosprezadas, dentre as quais, muitas de caráter daninho na Região Metropolitana de Porto Alegre.

1.4.1 Lírio-do-brejo – *Hedychium coronarium*

Planta herbácea da ordem Zingiberáceas originária da Ásia Tropical, o lírio-do-brejo, também denominado jasmim-borboleta é denominado botanicamente como *Hedichyum coronarium* e foi introduzido no Brasil para fins ornamentais no período colonial. Cresce frequentemente em locais úmidos e pantanosos sendo caracterizado por apresentar hastes não ramificadas com desenvolvimento de folhas desde sua base, esta dotada de rizoma (Figura 7). A espécie quando adulta atinge altura entre 1 m e 2 m. Produz flores brancas que resultam em frutos na forma cápsula que abrigam sementes (KINNUP e LORENZI, 2015).

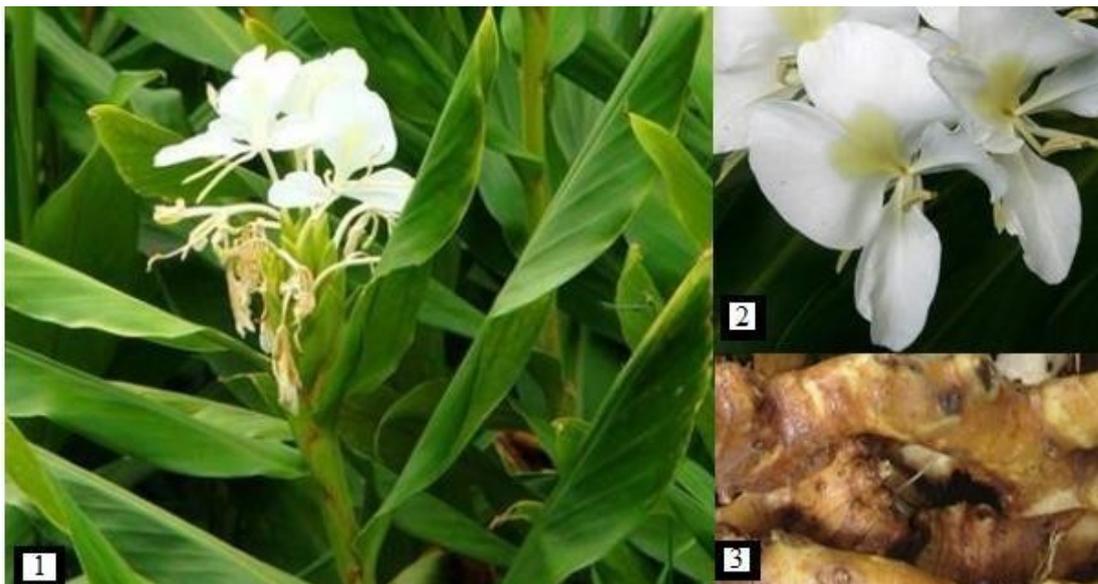


FIGURA 7: Lirio-do-brejo (*Hedychium coronarium*). 1. Aspecto da planta. 2. Inflorescência. 3. Rizomas.

Atualmente é considerada planta daninha e se alastra com grande facilidade por decorrência do brotamento dos rizomas competindo espaço com plantas endêmicas. Pode se disseminar também através de sementes, embora esse fenômeno seja menos comum (KINNUP e LORENZI, 2015). Dada sua abundância, é empregada como ração destinada a bovinos. Seus rizomas são aromáticos e utilizados na medicina popular bem como fonte de amido não comercial (Tabela 4).

Sob o ponto de vista tecnológico a espécie tem atraído atenção, sendo já empregada como fonte de celulose na produção de papel, já que sua haste encerra entre 43% e 48% desse polissacarídeo (MARTINS et al, 2010 apud CORREA, 1969). O amido dos rizomas *Hedychium coronarium* apresenta menor capacidade de adsorção de água se comparado com amidos de batata e de milho (ASCHERI et al, 2009) o que na prática é atrativo, uma vez que a atividade da água está vinculada a proliferação de microrganismos e, por consequência, a decomposição da matéria prima.

TABELA 4: Composição bromatológica dos rizomas de lirio-do-brejo.

<i>Parâmetro Analisado</i>	<i>Teor em Base Seca</i>	
Matéria Graxa	7,50 %	
Cinzas	6,94%	
Proteínas	5,78%	
Fibra Bruta	7,51%	
Açúcares Redutores Solúveis	8,67%	
Açúcares Totais	28,32%	
		62,02% Amilopectina
Amido	21,97%	37,98% Amilose

FONTE: ASCHERI et al (2010).

O teor de carboidratos no lírio-do-brejo pode sofrer alterações sazonais, sendo registradas variações no teor de amido entre 2% a 4% (CLIPPEL, 2006). Deve ser ressaltado ainda que a presença de latex e fibras longas presentes nos rizomas da planta em estudo dificultam a extração do amido (ASCHIERI, 2010). Ainda assim o produto é interessante já que uma vez isolado encerra teores de água baixo, em torno de 7%, quando a legislação pertinente no Brasil estabelece um máximo de 14% ao produto comercial (MOURA,2008).

Embora não exista metodologia a nível industrial para aproveitamento do *Hedychium coronarium* no tocante a extração do amido, LEONEL e colaboradores (2002) estabelecem um processo da Figura 8 para extração do amido dos rizomas do biri (*Canna edulis*), também da ordem Zingiberáceas, cultivado comercialmente nos Andes Peruanos e Sudeste Asiático.

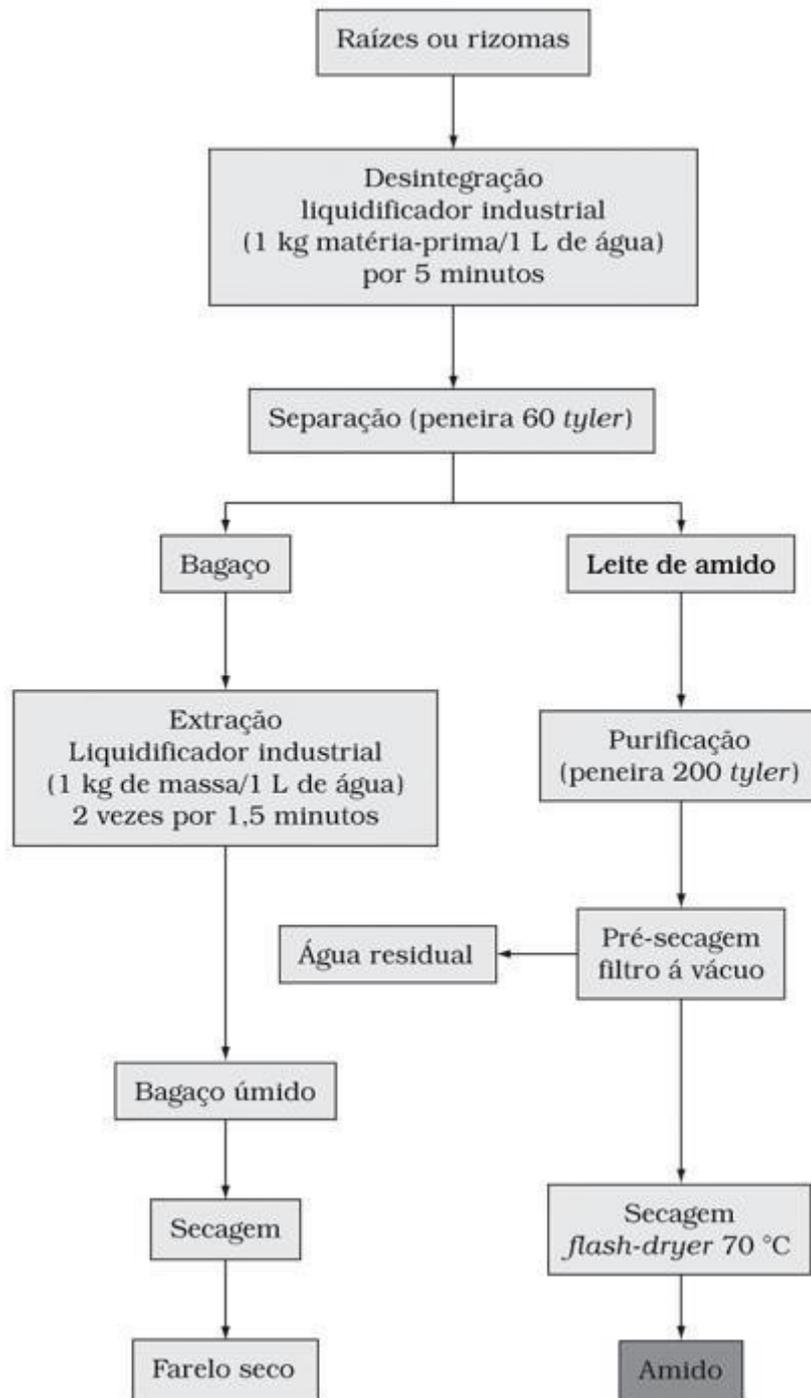


FIGURA 8: Fluxograma do processo de extração do amido dos rizomas da zenzibácea *Canna edulis* (biri). FONTE: LEONEL et al (2002).

O processo em questão, embora aplicado a espécie diferente da proposta na presente pesquisa, leva em conta a morfologia dos rizomas bem como o similar teor de amilopectina que a *Canna edulis* tem em comparação ao *Hedychium coronarium*, sendo que o rendimento anunciado pelos autores do método foi de 11,44% em relação ao peso fresco dos rizomas. Com relação ao ambiente de

crescimento do *Hedychium coronarium*, há relação com o teor de água no solo de modo a ocorrer maior desenvolvimento dos amiloplastos nos rizomas obtidos de solos não alagados conforme testes colorimétricos baseados no KI-I₂ (ALMEIDA, 2015). Pode-se inferir então que o ambiente no qual o *Hedychium coronarium* está inserido interfere na quantidade de amido nos amiloplastos

1.5 MALTE

O processo de germinação promove o incremento no teor de enzimas, particularmente α -amilase e β -amilase no interior dos grãos de cereais e denomina-se malteação. O produto obtido é denominado comercialmente como malte e, para que apresente máximo desempenho é elaborado a partir de cereais maltáveis, notadamente cevada e trigo os quais são depositados em câmaras úmidas por 5 a 8 dias (SCHIMIDEL et al, 2001). No entanto o processo pode variar, existindo processos artesanais diversos (NETO et al, 2006). Para que possa ser usado nas indústrias o malte fresco ou verde é submetido a secagem de modo a evitar não apenas o apodrecimento por ação de microrganismos mas também para inibir temporariamente a atividade enzimática. Pela adição de água e controle rigoroso de potencial hidrogeniônico e temperatura as enzimas presentes no interior dos grãos de malte tornam-se ativas e, por conseguinte, promovem a quebra das moléculas de amido em sacarídeos diversos, sobretudo glicose, maltose e maltotriose. Na indústria essa transformação é denominada *brassagem* e pode, a critério do operador, estar ou não submetida a variações crescentes de temperatura, conhecidas como *patamares*.

A velocidade com que ocorre a conversão do amido em açúcares depende do índice de atividade das enzimas presentes nos grãos, fator que varia de acordo com a espécie de cereal empregado, composição do extrato submetido ao processo e dos intervalos de tempo nos patamares. A Farmacopéia Brasileira de 1959 define malte como produto derivado do brotamento de cereais com a capacidade de converter até cinco vezes seu próprio peso de amido em açúcares. Todavia o potencial diastático do malte é definido atualmente em graus Windisch-Kolbach (°WK). Na indústria cervejeira o desejado para um malte é que o poder diastático das enzimas presentes no malte não seja inferior a 220 °WK (PORTO, 2011). Contudo misturas em diversas proporções de malte e adjuntos

podem ser aplicadas, sendo efetiva a mistura de 12,3 kg de malte associada a 3 Kg de amido de milho como fonte de amido (MATOS et al, 2005). Isso se dá em virtude das propriedades intrínsecas de cada tipo de enzima presente no malte que exercerão suas atividades catalíticas ao máximo em condições específicas. Há que se considerar que, em se tratando de temperatura descuidos podem resultar na inativação parcial ou total das enzimas de modo irreversível. Assim, o processo deve ser feito de modo que haja um gradiente ascendente de temperatura até o limite permissível da enzima utilizada no processo (SCHIMIDEL et al, 2001). A extensão da brassagem pode ser controlada de modo a se obter um tipo de produto se estabelecido um patamar específico para operação. Dessa forma é possível promover a inativação ou inibição de um conjunto de enzimas atuando sobre a temperatura e potencial hidrogeniônico de modo a favorecer apenas um tipo de enzima. Como os sítios catalíticos são específicos, haverá formação de preferencialmente um tipo de produto.

1.6 AMILASES

As amilases constituem um grupo de enzimas que atuam sobre polissacarídeos amiláceos convertendo-os em sacarídeos diversos. São divididas em dois grupos: α -amilase e β -amilase. São encontradas em diversas formas de organismos vivos, autótrofos ou não. As α -amilases possuem a capacidade de hidrolisar polissacarídeos dotados de ligações α -1,4 existentes no amido e glicogênio. O processo envolve a princípio o rompimento das macromoléculas que compõem o substrato em unidade compostas por 6 a 7 unidades de glicose as quais, a seguir, são desdobradas em açúcares com menores massas molares, notadamente a glicose (FREITAS et al, 2014). São abundantes nos maltes, sendo que tais matérias primas são empregadas em processos biotecnológicos, não raras as vezes, sem a necessidade de isolamento. Com característica catalítica mais específica, as β -amilases também atuam nos polissacarídeos amido e glicogênio, contudo geram como produto principal, a maltose. Ocorrem também em cereais maltados e, tal como a α -amilase, e são mais corriqueiramente empregadas a partir de extratos.

Tanto as α -amilase quanto as β -amilases quando isoladas apresentam atividades enzimáticas que variam de acordo com a espécie das quais foram

obtidas. As α -amilases obtidas a partir dos *bacilos sp termofilicos* são mais efetivas em meio com pH=7,5 e temperatura de 70 °C (CORDEIRO et al, 2002). A α -amilase obtida do malte atua na mesma faixa de temperatura, no entanto em meios com duas unidades de pH acima. Em temperaturas mais amenas atuam as β -amilases, muito embora, para as amilases de malte não existam variações de atividade muito significativas em termos de acidez conforme apresenta a Tabela 5..

TABELA 5. Condições de operação para algumas amilases.

Enzima	Faixa de pH ⁴	Temperatura Ótima ⁴	Ação ¹
α -amilase EC 3.2.1.1	5,3 a 5,7	67°C -72°C	Rompimento aleatório das ligações $\alpha(1,4)$ nos polissacarídeos ¹
β -amilase EC 3.2.1.2	5,0 - 5,5	55°C-65°C ²	Rompimento das ligações $\alpha(1,4)$ situadas na reação não redutora dos polissacarídeos ²
Pullulanase EC 3.2.1.41	4,3 -7,2	40°C	Rompimento das ligações $\alpha(1,6)$ dos polissacarídeos ³

FONTE:1.BOAS, 2014, apud SANTOS et al, 2010;2.BOAS, 2014 apud SAID et al, 2004. 3.BOAS, 2014 apud LEONG et al., 2007. 4.TSCHOPE, 2001.

No processo de mosturação envolvendo amilases é mais conveniente efetuar o controle sobre a temperatura para maximizar o efeito de uma enzima em relação a outra sobre o substrato, ainda que não seja possível impedir que ambas, caso seja usado extrato enzimático, atuem de forma concomitante, dado que a α -amilase do malte apresenta maior atividade em pH 5,7 entre 70 °C e 75 °C (TSCHOPE, 2001).

1.7 REFRACTOMETRIA

Quando um feixe de luz atravessa uma amostra de substância translúcida qualquer sofre mudança em sua velocidade. Esse fenômeno é denominado refração. Índice de refração é o nome atribuído ao ângulo formado pelo feixe luminoso que atravessa a substância e definido como:

$$n = \frac{c}{v} \quad (10)$$

Na equação, n é o índice de refração e v , a velocidade da luz no meio. O termo c refere-se a velocidade da luz, que é uma constante (RAMALHO et al, 1984).

A verificação do índice de refração da luz em um meio é, na prática, determinada pelo ângulo formado entre o feixe incidente e o feixe refratado desde que considerado o mesmo comprimento de onda λ . Assim, a determinação de n para uma determinada substância pode ser expressa pela lei de Snell- Descartes como:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } l} = \frac{n_2}{n_1} \quad (11)$$

Os termos $\text{sen } i$ e $\text{sen } l$ referem-se aos ângulos em função dos meios (OKUNO et al, 1986).

Sendo o índice de refração uma propriedade específica, é usado em determinações qualitativas e quantitativas mediante uso de dispositivos denominados refratômetros, notadamente os de Abbé, constituídos por um sistema ocular acoplado a um prisma que registra em uma escala de fundo o desvio da luz ao atravessar a amostra nele contida (Figura 9).

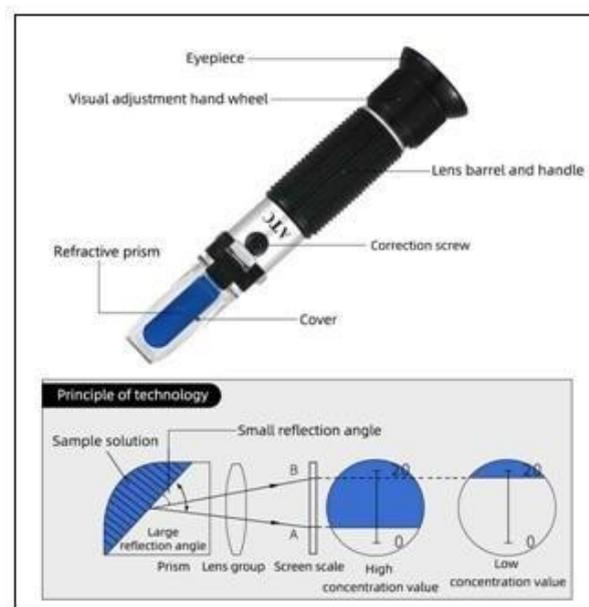


FIGURA 9: Refratômetro RSG-32-ATC.
 FONTE: YIERYI METERS(2020).

Muitos refratômetros possuem em seu interior uma fita bimetálica que sofre flexão com a variação de temperatura e assim efetua o ajuste do prisma a

partir do momento em que o dispositivo foi calibrado, procedimento realizado com água destilada. Refratômetros mais simples precisam ter suas leituras corrigidas em tabelas de dados fornecidas pelos fabricantes.

Por se tratar de uma propriedade específica, o índice de refração é mensurado por refratômetros especialmente projetados para cada tipo de analito. Na indústria açucareira emprega-se de modo bastante corrente refratômetros com escalas em Graus Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) que nada mais é que o título em massa do açúcar:

$$t = \frac{m_1}{m_1+m_2} \quad (12)$$

Onde m_1 é a massa do soluto e m_2 , a massa do solvente, no caso a água. O valor de t portanto é expresso de forma adimensional de modo que $0\% < t < 100\%$.

Segundo dados da fabricante britânica Eromixers Co. (2020) a escala em $^{\circ}\text{Bx}$ se relaciona com a gravidade específica SG da solução através da equação:

$$SG = 1 + \left[\frac{^{\circ}\text{Bx}}{258,6 - (227,1 \times (\frac{^{\circ}\text{Bx}}{258,2}))} \right] \quad (13)$$

A fórmula apresentada não especifica porém os açúcares na amostra de forma isolada, mas como um todo. Na prática não é possível estabelecer a concentração de sacarídeos isolados em uma amostra por refratometria porque os solutos, inclusive os sais em quantidades significativas interferem como um todo na refração. No entanto a leitura é um bom indicador do teor de sacarídeos ainda que a amostra tenha composição complexa.

Sendo a gravidade específica uma função do percentual p de soluto, é possível estabelecer relações entre densidade e concentração para diversos açúcares. Para o caso da D-glicose a 20°C há a correlação (BATES, 1942):

$$D_4^{20} = 0,99840 + 0,003788 \times p + 0,00001412 \times p^2 \quad (14)$$

A equação permite também determinar indiretamente maltose, uma vez que este dissacarídeo se hidrolisado gera glicose. Para outros açúcares se faz necessário a verificação das respectivas correlações entre os parâmetros p

e SG a partir de valores tabelados.

1.8 EFEITO DO ÍON CÚPRICO SOBRE OS AÇÚCARES REDUTORES

Soluções contendo o íon cúprico, isto é Cu^{+2} , reagem com açúcares redutores de modo estequiométrico. Tal propriedade é empregada na análise quantitativa de sacarídeos diretamente ou por diferença, neste último caso quando açúcares não redutores são hidrolisados em meio ácido para formação de glicose.

O reagente usado para a determinação de glicose em uma amostra é o Licor de Fehling, composto pela mistura de duas soluções, a saber, de sulfato de cobre e Sal de Rochelle, constituído por tartarato duplo de sódio e potássio. Para que a reação ocorra é necessário que o pH do meio reacional esteja alcalino e sob aquecimento. Em tais condições íons cúpricos são reduzidos a íons cuprosos de modo que $\text{Cu}^{+2} + 1 e^- \rightarrow \text{Cu}^+$. Assim, na forma de óxido, Cu^+ pode ser quantificado gravimetricamente com base nas correlações de Munson-Walker ou ainda por volumetria de oxirredução pelo método de Eynon-Lane. As relações são estequiométricas e 1,000 mg Cu^{+2} corresponde a 0,635mg de glicose ou ainda, 1,019 mg de maltose (BATES, 1942. P.202).

A Tabela 5 mostra a correspondência entre as quantidades de cobre e açúcares redutores, indicados como A.R. e expressos em glicose com finalidade quantitativa visando atender operações químicas analíticas.

TABELA 6. Relação massica entre Cu^{+2} reduzido e glicose.

A.R.(mg)	10,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00
Cu^{+2}(mg)	20,40	38,10	49,60	59,10	68,30	77,50	86,40	95,40

FONTE: BATES (1942). Adaptado.

A forma como o Cu^{+2} atua frente aos glicídios depende da base conjugada. Se o ânion sulfato, SO_4^{2-} estiver associado, a reação ocorre com qualquer tipo de monossacarídeo e dissacarídeo redutor. Caso a base conjugada for o íon acetato, CH_3CO_2^- , a reação ocorre apenas os monossacarídeos redutores. Esse é o princípio da Reação de Barfoed que possibilita, de modo indireto a determinação qualitativa de dissacarídeos redutores em pH 6,4 (BATES, 1942). Assim é possível também efetuar a determinação indireta de dissacarídeos redutores como maltose uma vez conhecidos as quantidades dos açúcares redutores totais expressos como glicose com base na Reação de Barfoed. A diferença mássica

entre os dois valores expressa a quantidade de dissacarídeos em termos de maltose. Contudo a determinação de glicídios é uma atividade complexa já que diversas características intrínsecas às próprias podem impor limitações aos métodos. A tonalidade e a presença de substâncias em suspensão são barreiras que precisam ser traspassadas para o bom andamento da técnica especialmente se envolver reações com desenvolvimento de cor. Se a amostra não apresenta material suspenso ou colorido a aplicação do Método de Eynon-Lane é facilmente aplicado por conta da nítida mudança de nuance verificada na transição de Cu^{+2} para Cu^{+} . Há casos contudo que a amostra apresenta cor irremediável ou ainda ponto de viragem cuja tonalidade coincidente com a própria tonalidade da amostra levando o analista a optar pela determinação indireta dos íons Cu^{+2} remanescentes após o processo de redução realizado por permanganometria e iodometria (BATES, 1942). A complexação através do Na_2 -EDTA em presença de murexida não apresenta diferenças estatísticas em relação a metodologia e a de Eynon-Lane e é mais cômoda para a determinação de açúcares em amostras contendo substâncias coloridas que possam implicar em erros analíticos (SILVA et al, 2003).

1.9 COMPLEXOMETRIA

A determinação de cátions pode ser realizada através da titulação de complexos denominados quelatos. Dentre os agentes de complexação ou quelantes mais usados na atualidade estão os sais dissódicos do ácido etileno-diamin-tetra-acético (Na_2 -EDTA) e do ácido trietileno-glicol-diamino-tetra-acético (Na_2 -EGTA). Os agentes de complexação citados são empregados em suas formas dissódicas em virtude da maior estabilidade química que apresentam em relação a forma ácida e por possuírem massa molar maior que as dos ácidos correspondentes, o que reduz erros analíticos (MENDHAN et al, 1989). É importante destacar também que elementos químicos do Grupo 1 da Tabela Periódica tendem a não formação de complexos.

Elementos alcalino-terrosos, especialmente cálcio e magnésio apresentam grande afinidade por grupos de coordenação dotados de oxigênio (LEE, 2003). E elementos químicos de transição em suas formas bivalentes e trivalentes apresentam tendência a formação de complexos estáveis (Tabela 7). Para os ions

Cu^{+2} o complexo formado após reação com o $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ é o Cu-EDTA (FIGURA 10) com o deslocamento dos cátions Na^+ . A acidez do meio no qual se realiza a complexometria depende do corante empregado como indicador. Como decorrência para a determinação de uma mesma espécie catiônica o pH pode variar de valores baixos a altos dependendo do corante adotado, sendo os meios alcalinos os mais usuais.

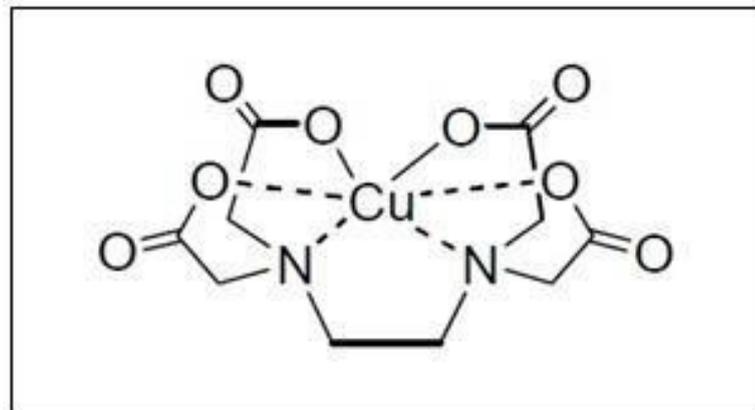
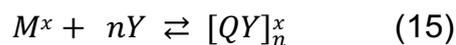


FIGURA10. Estrutura do complexo EDTA-Cu.
FONTE: Dojindo (2021).

Existem situações que para uma mesma faixa de pH, um corante pode interagir com diferentes cátions (MENDHAN et al, 1989). Torna-se imperativo conhecer a estabilidade de cada complexo no sistema para compensar interferências. Assim, se um cátion M^x , onde x é sua própria carga inteira e positiva, reagir com uma quantidade n agente quelante Y , em dada condição tem-se o equilíbrio químico:



A constante de equilíbrio químico para tal sistema é:

$$k = \frac{[QY]_n^x}{[M^x].[Y]^n} \quad (16)$$

Se um sistema onde há competitividade na formação de complexo, a predominância de formação será daquele que apresentar maior disponibilidade em reagir e isso, em dado meio ocorre em favorecimento da cation com menor raio. Erros de 0,1% em titulações de misturas são admissíveis desde que observadas as constantes k de formação de outros complexos no meio reacional e suas razões sejam na ordem de 10^6 (MENDHAN et al, 1989).

TABELA 7: Constantes de Formação de complexos com EDTA.

Cátion	K_{MY}	$\log K_{MY}$
Ag ⁺	$2,1 \times 10^7$	7,32
Mg ⁺²	$4,9 \times 10^8$	8,69
Ca ⁺²	$5,0 \times 10^{10}$	10,70
Cu ⁺²	$6,3 \times 10^{18}$	18,80
Zn ⁺²	$3,2 \times 10^{16}$	16,50
Fe ⁺³	$1,3 \times 10^{25}$	25,10

FONTE: SILVA, 2007 (apud SCHWARZENBACH,1957).

Interferências de um cátion sobre o podem ser contornadas mediante o uso de agentes de mascaramento que atuam formando com sobre os cátions indesejáveis complexos muito mais estáveis se comparados com aqueles em estudo (MENDHAN et al, 1989).

1.10 QUANTIFICAÇÃO DE AÇÚCARES PELO MÉTODO DO DNS

O ácido 3,5-dinitro-salicílico também conhecido como reagente DNS reage com monossacarídeos redutores de modo estequiométrico em meio alcalino gerando um composto colorido, o ácido 3-amino-5-nitro-salicílico (Figura 11). A oxirredução envolve mudança de cor e o produto ácido gerado quantificável por espectrofotometria com um máximo de absorção em 540 nm (GONÇALVES et al,2010; SANTOS et al, 2017).

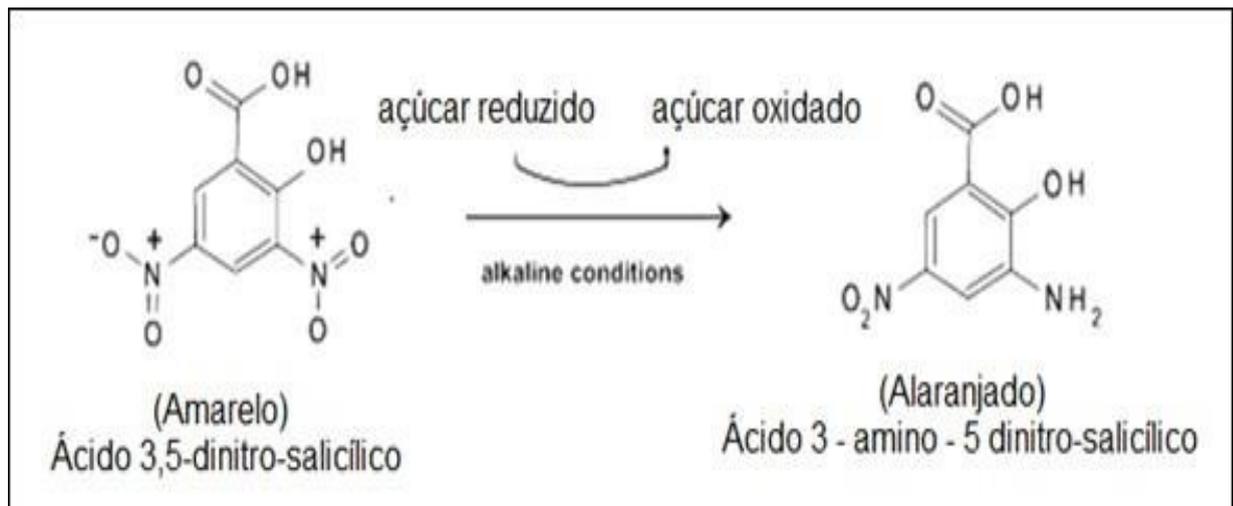


FIGURA 11. Reação colorimétrica do DNS.
FONTE: VASCONCELOS et al (2013).

É uma reação versátil que pode ser adaptada também para a determinação indireta de outros carboidratos desde que com previa hidrólise se a referência for uma curva de calibração baseada na glicose ou ainda na determinação de atividade enzimática de amilases baseada na conversão do amido em glicose e em maltose (BIAZUS et al, 2007). O método da determinação de maltose com base no DNS foi também empregado para a verificação da atividade enzimática salivar sobre dentifrícios tendo por base padrões de maltose em intervalo de 100 ug/mL até 500 ug/mL e $R^2 = 0,9832$ (VAIDYA et al, 2016).

Em análises onde os carboidratos são expressos em termos de glicose ou ainda na determinação isolada deste açúcar, que pode ser conduzida mediante hidrólise em presença de ácido mineral, mais comumente o cloreto de hidrogênio, a espectrofotometria mostra-se robusta não apresentando diferenças estatísticas significativas, embora menos sensível se comparada aos ensaios por HPLC, dado seu elevado coeficiente de determinação, sendo $R^2 > 0,9990$ (SANTOS, 2017).

Para a dosagem de glicose não existem diferenças significativas entre o método do DNS e o titulométrico com EDTA com base na redução de íons Cu^{+2} (SILVA et al, 2003).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

A Tabela 8 define os equipamentos e reagentes utilizados nas análises químicas efetuadas na elaboração do presente trabalho.

TABELA 8. Equipamentos e reagentes

Aparato	Observação
Balança Analítica Weblabor mod. M254A	e:0,001 g; d: 0,1mg
Estufa Bacteriológica Lucadema	0°C – 300°C
Banho-maria Warmnest mod. HHS5	15 L; 100°C
Refratômetro RSG-32-ATC	0 °Bx a 30 ° Bx
Espectrofotometro Bioespectro mod. SP-22	Espectro visível
Solução EDTA 0,1 M – Dinâmica	Fator = 1
Sulfato de cobre hepta-hidratado - Dinâmica	Padrão Analítico
Maltose D(+)- Dinâmica	Padrão Analítico
Glicose - Dinâmica	Padrão Analítico
Tartarato duplo de sódio e potássio - Dinâmica	Padrão Analítico
Solução Tampão (pH 5, 10 e 11) - Dinâmica	-----
Acido dinitro-3,5-salicílico – Neon	Padrão Analítico
Etanol Hidratado 98,6 °G.L – Zulu	Comercial
Papel Watmann Quantitativo	Faixa Azul
Carvão Ativo em pó – Quimidrol	Comercial

2.2 Amostragem dos Rizomas de *Hedychium coronarium*

Rizomas de *Hedychium coronarium* foram coletados na cidade de São Francisco do Sul, Santa Catarina em oito regiões diferentes. De cada terreno foram tomadas quatro amostras, distantes entre si 4,0 m dentro de uma área de 16 m² e em profundidades variando de 5,0 cm a 25,0 cm. Os dados listados na Tabela 7 indicam os pontos de coleta.

TABELA 9. Locais de coleta das amostras baseadas no street-map.us/gps

Amostra	Data	Coordenadas	Referência
AM-01	22.02.2020	Lat.: -26.24333.Long.: -48.63806	BR-280
AM-02	22.02.2020	Lat.: -26.24333.Long.: -48.63806	BR-280
AM-03	23.02.2020	Lat.: -26.23545.Long.: -48.62429	Chácara Ivo
AM-04	23.02.2020	Lat.: -26.23545.Long.: -48.62429	Chácara Ivo
AM-05	25.02.2010	Lat.: -26.28515.Long.: -48.66193	Chácara Osvaldo
AM-06	25.02.2020	Lat.: -26.28515.Long.: -48.66193	Chácara Osvaldo
AM-07	03.03.2020	Lat.: -26.22627.Long.: -48.59485	Rio Mte. de Trigo
AM-08	03.03.2020	Lat.: -26.22627.Long.: -48.59485	Rio Mte. de Trigo
AM-09	20.09.2020	Lat.: -26.24333.Long.: -48.63806	BR-280
AM-10	20.09.2020	Lat.: -26.24333.Long.: -48.63806	BR-280
AM-11	20.09.2020	Lat.: -26.23545.Long.: -48.62429	Chácara Ivo
AM-12	20.09.2020	Lat.: -26.23545.Long.: -48.62429	Chácara Ivo
AM-13	22.09.2020	Lat.: -26.28515.Long.: -48.66193	Chácara Osvaldo
AM-14	22.09.2020	Lat.: -26.28515.Long.: -48.66193	Chácara Osvaldo
AM-15	22.09.2020	Lat.: -26.22627.Long.: -48.59485	Rio Mte. de Trigo
AM-16	22.09.2020	Lat.: -26.22627.Long.: -48.59485	Rio Mte. de Trigo

Essa etapa do experimento teve por objetivo avaliar a relação entre os pontos de coleta e os teores mais elevados de amido em cada amostra em função da estação conforme subtendido por Almeida (2015).

2.3 Preparo das Amostras

Os rizomas coletados foram lavados em água corrente para remoção das sujidades e a seguir descascados com faca de aço inoxidável sendo comparado a quantidade de rizomas coletados antes e após a limpeza. A quantidade de resíduo gerado, em relação a quantidade coletada, foi, em média 19,50%. O material limpo obtido foi imerso em solução de metabissulfito de sódio a 1%, agente redutor destinado a preservar as amostras da ação do oxigênio atmosférico, depositado em sacos plásticos de polietileno e por fim armazenado sob refrigeração a - 5° C (BRASIL, 2013).

2.4 Fatoração do Licor de Fehling

Para a fatoração do Licor de Fehling empregado na determinação dos teores de ARL e amido foram preparadas as seguintes soluções (MAPA,2013):

Solução Fehling A: 34,65 g de sulfato de cobre penta hidratado, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ de massa molar $249,68 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ avolumado para 500 mL com água deionizada. Discriminado como SFA.

Solução Fehling B: 173,02 g de tartarato duplo de sódio e potássio P.A., $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ e 62,51 g de hidróxido de sódio, NaOH avolumados para 500 mL de água deionizada. Discriminado como SFB.

Solução Padrão de Glicose: $10,02 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de glicose P.A. com soluto previamente seco a 60° C por 1 hora avolumada com água deionizada. Discriminada como SPG.

Solução Indicadora de Azul de Metileno a 1%: 1 g de azul de metileno dissolvido em 100 mL de água deionizada.

Alíquotas de 5 mL de Licor de Fehling foram transferidas para um erlenmeyer de 250 mL as quais após misturadas, foram aquecidas até a fervura em chapa de aquecimento. As misturas das soluções SFA e SFB foram tituladas contra solução padrão de glicose até o clareamento da coloração azul intensa característica dos cátions Cu^{+2} para azul celeste. A seguir foi adicionada 1 gota de solução indicadora azul de metileno a 1% e continuada a titulação até que o sistema assumiu coloração amarela indicando a equivalência da reação.

2.5 Relação Entre Glicose e Cu^{+2} por $\text{Na}_2\text{-EDTA}$

As soluções contendo glicose foram tratadas com Licor de Fehling (A+B), aquecidas até a fervura para formação do Cu_2O e a seguir filtradas para remoção do óxido gerado. As soluções obtidas foram tituladas empregando-se bureta com subdivisão de 1/10 mL com $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 0,01 M em pH 10 (MENDHAN et al, 1989) corrigido com solução tampão pH $10 \pm 0,02$ em triplicata tendo como indicador, 5 mg de murexida sendo a quantidade de Cu^{+2} que reduzida definida como:

$$\text{Cu}^{+2}_{\text{reagente}} = \text{Cu}^{+2}_{\text{inicial}} - \text{Cu}^{+2}_{\text{titulado}}$$

Os dados médios e seus respectivos desvios padrões foram então calculados e comparados com os valores aplicados nas titulações empregando Licor de Fehling, conforme o método de Knight e Allen (OJEC, 1979).

2.6 Teor de Umidade

Amostras de rizomas de *Hedychium coronarium* foram cortadas em cubos com arestas de aproximadamente 1 cm, pesadas, transferidas para vidros de relógio e a seguir tratadas termicamente em estufa em presença de 500 g de sílica gel a 100°C até verificação de massa constante (MAPA, 2013).

2.7 Açúcares Livres Por refratometria

Amostras de 10 g de rizomas de *Hedychium coronarium* foram processadas em liquidificador com 5 W de potência para rompimento das células e liberação dos sucos nelas presentes. Os sucos obtidos foram submetidos a análise refratométrica (ASCHIERI et al, 2003 apud SPENCER e MEADE, 1945).

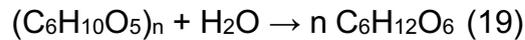
2.8 Dosagem do Amido nos Rizomas

Para a determinação do amido foram tomadas amostras de 5 g secas, com base na massa in natura pulverizadas em liquidificador com potencia de 5 W por 60 segundos em cinco repetições. Cada amostra foi dissolvida em 50 mL de água deionizada e tratadas com 5,0 mL HCl 35% não fatorado. Os sistemas foram aquecidos até a ebulição por 20 minutos, quando não mais deram reação positiva para o amido em presença e lugol mediante ensaio de toque. As amostras foram neutralizadas com NaOH 1,0 M e o pH posteriormente ajustado para $8,0 \pm 0,5$ através de bureta e peagâmetro. A seguir as soluções obtidas foram filtradas em algodão e lavadas com 3 porções de 10 mL de água deionizada. Por fim foi ajustado o volume de cada sistema para 100 mL com água deionizada. De cada solução foram analisados 10 mL mediante tratamento prévio com Licor de Fehling correspondente a $6,94 \times 10^{-3}$ mol de Cu^{+2} sob aquecimento e agitação por 10 minutos, tempo necessário para ebulição do sistema. A seguir cada solução foi filtrada em papel quantitativo faixa azul para retenção do Cu_2O formado. As soluções resultantes foram analisadas com o intuito de se avaliar a quantidade de Cu^{+2} reduzido em virtude da presença de açúcares redutores expressos em glicose nas amostras com $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 0,01 M em pH=10 pela ação de solução tampão em presença de 5 mg de murexida como indicador (OJEC, 1979) . A quantidade inicial de Cu^{+2} subtraída da quantidade de cobre determinada na titulação foi tomada como a que reagiu com os açúcares redutores das amostras. A relação entre a quantidade de açúcares redutores, AR e amido é definida por (MAPA, 2013):

$$\% \text{ Amido} = \text{AR} \times 0,9 \quad (18)$$

Para aplicação do método foram consideradas as relações estequiométricas

derivativas:



No que resulta:

$$1 \text{ 61,58 g de Amido} \sim 180,15 \text{ g de Glicose} \quad (20)$$

Para a relação entre os íons Cu^{+2} e a glicose:

$$1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \sim 1 \text{ mol de } Cu^{+2} \quad (21)$$

Empiricamente a relação entre as duas substâncias é:

$$10 \text{ mg de } C_6H_{12}O_6 = 24,37 \text{ mg de } Cu^{+2} \quad (22)$$

Conhecida a massa de glicose, calculou-se indiretamente a o teor de amido pela relação:

$$\% \text{ Amido} = \% \text{ glicose} \times 0,9 \quad (23)$$

2.9 Teor de Fibras Insolúveis - Não Enzimático

O teor de fibras, ou %F foi avaliado com base no método gravimétrico (AOAC, 2009). Para tal, aproximadamente 2 g de cada amostra seca foi pesada em papel filtro quantitativo faixa azul e tratada com 200 mL de H_2SO_4 a 1,25% por 30 minutos a 100 °C. Os sistemas a seguir foram filtrados a vácuo, lavados três vezes com água a 70 ± 5 °C quente. Os sólidos retidos foram submetidos a tratamento com 200 mL de NaOH a 1,25% por mais 30 minutos a 100° C, filtrados e lavados com água deionizada até reação neutra ao azul de bromotimol e, a seguir, com três porções 50 mL de etanol 96,8 °GL para remoção do excesso de água. O sólido obtido foi transferido para um cadinho previamente tarado e seco até verificação de massa constante a 100 °C. A seguir foi efetuada calcinação em

chama de propano até reduzir o material a cinzas, secado a 120 °C e expresso como *C* na equação 24. O cadinho foi então novamente pesado e o teor de fibra bruta na amostra foi definido por:

$$\%F = 100 \cdot (A - B)/C \quad (24)$$

Onde,

A = massa do cadinho + massa do resíduo

B = massa do cadinho + cinzas

C = massa da amostra

O método em questão não considera as perdas devido a hidrólise da lignina presente na amostra e substâncias não voláteis.

2.9 Preparo dos Maltes

Porções distintas de grãos de trigo e de cevada frescos com aproximadamente 1000 g cada uma foram dispostas em travessas de vidro contendo papel toalha de modo a formarem duas camadas com altura de aproximadamente 2 cm. Cada bandeja foi borrifada diariamente por 4 dias consecutivos com 200 mL de água, quando se verificou a formação dos brotos. A seguir os grãos maltados produzidos foram secos em estufa em três patamares de temperatura, sendo a 92° C o valor máximo por 120 minutos (SCHIMIDEL et al 2001). Os maltes preparados foram acondicionados em frascos de vidro ambar com tampa previamente esterilizados com etanol 70%.

2.10 Determinação Espectrofotométrica da Glicose

Uma solução contendo 5,002 g de ácido dinitro-3,5-salicílico e 15,006 g de tartarato duplo de sódio e potássio avolumada para 100 mL com NaOH 2,0 M foi preparada como referência de calibração espectroscópica. A curva de calibração foi preparada com base em uma solução de glicose a 1,000 g/L que a seguir foi diluída para o preparo dos padrões colorimétricos. Os padrões receberam 1,0 mL

de solução de DNS juntamente com soluções padronizadas de glicose, aquecidos em banho-maria a $100 \pm 0,5$ °C por 10 minutos com posterior leitura em absorbância com $\lambda=570$ nm através em cubetas de vidro com 10 mm de caminho óptico (SANTOS et al, 2017).

2.11 Relação Entre Densidade e Graus Brix Para as Soluções de Maltose

Soluções de maltose foram preparadas de modo a avaliar a relação entre densidade, °Bx e também o título em massa tendo como solvente água deionizada a 20 ± 2 °C (BATES, 1945)

. 2.12 Teor de Amido nos Maltes por Espectrofotometria

Amostras de malte de trigo e de cevada com aproximadamente 1,0 g previamente moídas em liquidificador por 5 minutos foram dissolvidas em 50 mL de água em presença de 0,5 mL de HCl 35% e submetidas a aquecimento até não fornecerem mais reação positiva quanto a presença de amido ante o lugol pelo teste de toque. As amostras então foram alcalinizadas com NaOH 2,0 M até pH=10 (para não hidrolisar o meio filtrante constituído de celulose), filtradas e avolumadas em balão de 250 mL. A seguir as amostras foram diluídas com água deionizada de modo a atingirem concentrações na faixa linear da curva de calibração preparada com glicose e analisadas em espectrofotômetro a 570 nm em cubetas de vidro com 10mm de caminho óptico. (SANTOS et al, 2017). Os teores determinados em glicose foram correlacionados em termos de amido (MAPA, 2013).

2.13. Taxas de Hidrólise dos Maltes

A avaliação da cinética enzimática foi constatada em cinco misturas compostas de malte de trigo e malte de cevada. As misturas dos maltes seguiram as seguintes proporções em termos de malte de trigo: M1=100%; M2=75%; M3=50%; M4=25%; M5=0,00%. O percentual complementar correspondeu ao teor de malte de cevada e a massa total de cada mistura, 5,0 g as quais foram

avolumadas com água deionizada para 100 mL em pH ajustado para 5,5 com HCl 0,01 M. Os sistemas foram então aquecidos em banho-maria controlado por termostato em dois patamares de temperatura sendo o primeiro a $40\pm 0,3$ °C por 40 minutos e a seguir a $62\pm 0,3$ °C até não mais dar reação positiva quanto a presença de amido ante solução de lugol. As medidas dos teores de açúcares foram determinadas por refratometria e os valores expressos em °Bx (ASCHIERI et al, 2003 apud. SPENCER e MEADE, 1945)

2.14 Hidrólise Enzimática do Amido Presente nos Rizomas de *Hedychium Coronarium*

Foram realizadas oito determinações, quatro com rizomas crus e quatro com rizomas previamente cozidos de AM-12 a 100°C por 20 minutos. A verificação se deu pelo preparo com base nos teores de amido intrínsecos nos rizomas, em misturas com contendo 50g de amido total, sendo a metade correspondente ao conteúdo do rizoma e a porção complementar ao malte de trigo avolumados com água deionizada até 1000 mL. As reações se deram em meio aquoso, pH=5,5 e tratamento térmico similar ao de M1 até a constatação de invariabilidade na concentração de açúcares por refratometria o que foi verificado após um intervalo de 9 minutos para os rizomas cozidos e 17 minutos para os rizomas crus. A seguir os sistemas foram filtrados a vácuo para eliminação das fibras e a solução obtida submetida a determinação de ARL e glicose (SANTOS et al, 2017).

2.15 Teores dos Açúcares nos Extratos

A glicose foi determinada espectrofotometricamente através do método do DNS a 570nm em em cubeta de vidro com 10 mm de caminho óptico. Açúcares redutores totais foram quantificados indiretamente mediante Na₂-EDTA em presença de murexida em pH=10. A quantidade de dissacarídeos foi assumida como a diferença entre a quantidade de açúcares redutores totais e a quantidade de glicose (OJEC, 1979).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Calibração do Licor de Fehling

As titulações para a fatoração do Licor de Fehling contra soluções padronizadas de glicose em triplicata resultaram nos valores correlacionados na Tabela 10.

TABELA 10. Relações experimentais entre consumo de Cu^{+2} e massa de glicose aplicando a titulação de Eynon-Lane.

Glicose (mg)	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00
\bar{x} Cu^{+2} (mg)	37,20	49,70	58,63	67,30	76,85	86,60	97,10
Sd	0,101	0,458	0,115	0,100	0,614	0,264	0,265

FONTE: Autor (2021)

A plotagem dos dados obtidos resultaram no gráfico da Figura 12.

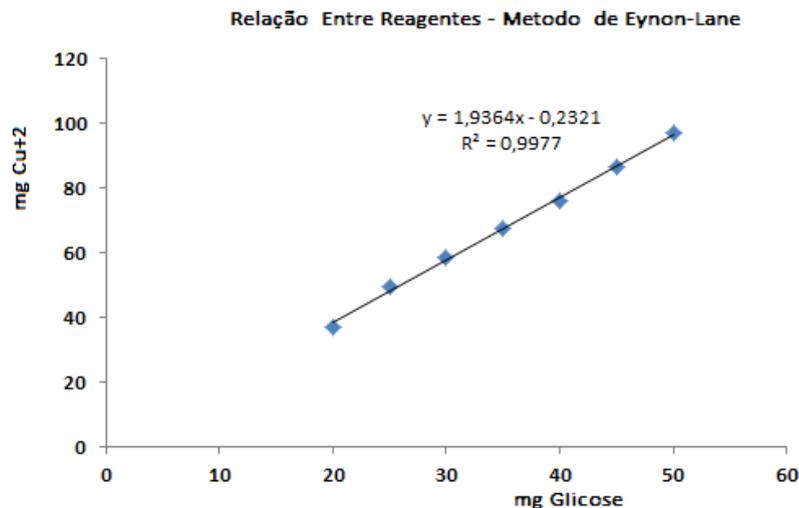


FIGURA12. Curva de correlação para as titulações de Eynon-Lane para a glicose.

Valores abaixo de 20 mg de glicose implicaram na redução no valor de R^2 , sendo estabelecido o intervalo entre 20 mg e 50 mg do referido açúcar. Assim, de acordo com os dados obtidos, no ponto medio da curva de calibração a relação entre a quantidade de Cu^{+2} e glicose foi definida como:

$$35,00 \text{ mg de Glicose} = 67,53 \text{ mg Cu}^{+2} \text{ (25)}$$

Resultado coerente com o apresentado por Battes (1942) onde a quantidade de Cu^{+2} equivale a 68,30 mg de Cu^{+2} para a mesma quantidade do referido açúcar.

3.2 Relação Mássica Entre Glicose $\text{Na}_2\text{-EDTA}$

O Cu^{+2} que reagiu com a glicose nas padronizações aplicando o método complexométrico em triplicata resultou nos dados dispostos na Tabela 11.

TABELA 11: Relações mássicas entre Cu^{+2} e glicose por titulometria de complexação via $\text{Na}_2\text{-EDTA}$

Glicose (mg)	Cu^{+2} (mg)	Sd
10,00	20,37	0,04
20,00	40,24	0,07
40,00	77,83	0,08
60,00	113,06	0,07
80,00	146,94	0,08

Os dados coletados resultam na curva ilustrada na Figura 13.

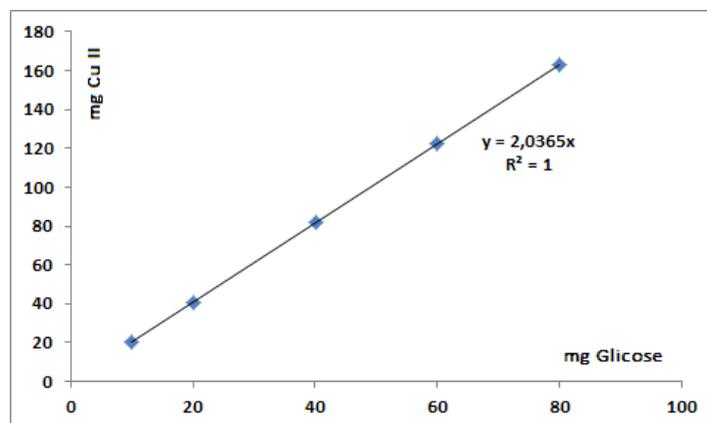


FIGURA 13. Correlação entre Cu^{+2} e glicose mediante titulação por complexação. FONTE: Autor (2021)

Os dados obtidos permitiram elaborar uma correlação entre as medições de Battes (1942) e o Método do EDTA, conforme a Tabela 12.

TABELA12. Comparação entre valores propostos por Bates (1942) e dados experimentais baseados em titulação por complexação para a glicose.

Glicose (mg)	Cu ²⁺ , Batters	Cu ²⁺ , EDTA	d	d - \bar{d}	(d - \bar{d}) ²
10,00	20,40	20,37	0,03	0,338	0,114
20,00	40,10	40,24	-0,14	0,168	0,028
40,00	77,50	77,83	-0,33	-0,022	0,000
60,00	112,80	113,06	-0,26	0,048	0,002
80,00	146,10	146,94	-0,84	-0,532	0,283
-----	-----	-----	$\Sigma d = -1,540$	-----	$\Sigma(d-\bar{d})^2 = 0,428$
			Sd = 0,086	t = 2,349	

Sendo o valor tabelado de t (P=0,05) = 2,78, o valor calculado demonstra não existir diferença significativa entre as metodologias (BATES, 1945).

3.3 Determinação do Teor de Umidade nos Rizomas

Os teores médios de umidade analisados em triplicata nas amostras de rizomas de *Hedychium coronarium* previamente descascados e sem adição de conservante bissulfito de sódio estão expressos na Tabela 13.

TABELA 13: Teores de umidade nos rizomas de lírio-do-brejo.

Amostra	% Umidade	Sd	Amostra	% Umidade	Sd
AM-01	81,81	1,27	AM-09	87,07	0,13
AM-02	82,99	0,43	AM-10	86,06	0,06
AM-03	85,45	1,00	AM-11	86,36	0,13
AM-04	87,73	0,82	AM-12	85,94	0,14
AM-05	80,22	0,81	AM-13	85,57	0,02
AM-06	86,38	0,86	AM-14	86,05	0,13
AM-07	87,31	0,09	AM-15	86,41	0,15
AM-08	87,13	0,29	AM-16	86,25	0,37

As medições tiveram como base a secagem dos rizomas sem considerar a distância dos pedaços em relação a casca, idade e profundidade das covas exploradas nas coletas.

3.4 Açúcares Livres nos Rizomas de *Hedychium coronarium*

Os sucos extraídos dos rizomas crus de *Hedychium coronarium* apresentaram teores de açúcares expressos em °Bx e em triplicata conforme a Tabela 14.

TABELA 14. Açúcares livres presente no suco do lírio-do-brejo

Amostra	Graus Brix	Sd	Amostra	Graus Brix	Sd
AM-01	4,10	0,08	AM-09	3,33	0,12
AM-02	3,93	0,09	AM-10	2,23	0,06
AM-03	3,60	0,14	AM-11	3,47	0,12
AM-04	3,40	0,09	AM-12	3,33	0,06
AM-05	4,13	0,15	AM-13	3,93	0,23
AM-06	3,40	0,14	AM-14	3,47	0,12
AM-07	4,20	0,16	AM-15	4,20	0,01
AM-08	4,27	0,09	AM-16	3,53	0,31

Tais medições contemplaram açúcares livres no suco celular das amostras e não levam em conta as quantidades de carboidratos insolúveis.

3.5 Amido nos Rizomas de *Hedychium coronarium*

A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos nas determinações dos teores de amido em 5 repetições pelo processo complexométrico indireto e baseado na quantificação preliminar de açúcares expressos em glicose nas amostras previamente secas (Figura 16).

TABELA 15: Teores de amido nos rizomas de lírio-do-brejo.

AMOSTRA	x 0,1 g	Cu ⁺² x 0,01 g	A.R. x 0,01 g	% AMIDO	Sd
AM-01	5,98	6,56	2,73	4,12	0,59
AM-02	5,99	5,78	2,41	3,69	0,60
AM-03	5,99	5,69	2,37	3,50	0,69
AM-04	5,99	6,74	2,81	4,22	0,37
AM-05	5,98	6,19	2,58	3,88	0,20
AM-06	5,97	6,98	2,49	3,75	0,35
AM-07	5,99	6,19	2,58	3,87	0,55
AM-08	6,01	5,72	2,38	3,58	0,42
AM-09	5,96	5,84	2,44	3,68	0,18
AM-10	5,99	5,56	2,31	3,47	0,45
AM-11	5,92	6,97	2,90	4,40	0,71
AM-12	5,97	7,14	2,98	4,48	1,04
AM-13	5,91	4,18	2,97	2,63	1,63
AM-14	6,00	4,82	2,00	2,64	0,63
AM-15	5,97	5,69	2,37	3,57	0,52
AM-16	5,98	5,27	2,19	3,31	0,23

Não foram contempladas as diferenças nas partes dos rizomas empregadas nos ensaios, as idades das plantas e as profundidade das covas. Em relação aos coeficientes de correlação foram comparados os pares em função dos períodos das coletas.

As diferenças entre os teores de amido em função do tipo de solo para cada par de amostra tendo como referencia p-valor com $\alpha = 0,05$ e t tabelado 2,77 para $\Phi = 4$ graus de liberdade não foram significativas conforme apontam os dados da Tabela 16, onde valores negrito correspondem ao valor t calculado e os valores em itálico e em negrito, Sd.

TABELA 16: Relação de p-valor ($\alpha = 0,05$) para teores de amido.

AM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1,1	1,356	1,632	0,326	0,915	1,138	1,145	1,589	1,777	1,439	0,536	0,528	2,430	2,256	1,477	2,360
2	0,836	2,2	0,146	1,661	1,139	0,443	0,881	0,148	0,241	0,695	1,783	1,325	1,930	1,533	0,158	0,970
3	0,772	0,867	3,3	1,226	0,723	0,474	0,544	0,048	0,344	0,219	1,645	1,121	2,164	2,105	0,053	1,059
4	0,599	0,799	1,186	4,4	2,024	1,581	0,859	1,466	2,066	1,655	0,797	0,628	2,100	2,137	1,622	1,947
5	0,601	0,511	0,981	0,368	5,5	0,734	0,027	1,033	1,473	1,289	1,281	1,096	2,093	1,879	0,860	1,758
6	0,733	0,675	0,897	0,650	0,384	6,6	0,371	0,808	0,520	1,152	1,254	1,215	1,915	1,915	0,592	1,594
7	0,497	0,639	1,150	0,888	0,689	0,713	7,7	1,452	0,712	1,237	1,057	0,791	2,264	2,264	1,101	1,945
8	0,772	0,638	0,659	0,971	0,656	0,487	0,453	8,8	0,429	0,534	1,532	1,155	1,847	1,847	0,017	1,177
9	0,564	0,559	0,751	0,578	0,306	0,322	0,607	0,528	9,9	0,737	1,371	1,331	1,142	2,142	0,344	1,867
10	1,009	0,461	0,884	0,995	0,649	0,537	0,714	0,422	0,612	10,10	1,809	1,403	1,573	1,573	0,345	0,542
11	1,135	0,977	1,604	0,862	0,905	1,15	1,114	1,198	1,173	1,138	11,11	0,108	1,955	1,953	1,249	1,626
12	1,483	1,445	1,822	1,311	1,216	1,33	1,710	1,740	1,340	1,593	1,623	12,12	1,885	1,749	1,323	1,526
13	1,366	1,133	0,953	1,561	1,323	1,298	1,214	1,132	1,082	1,187	2,012	2,179	13,13	1,599	2,031	2,079
14	1,108	0,89	0,588	1,151	1,037	1,298	1,214	1,132	1,082	1,188	2,011	1,641	0,004	14,14	2,028	2,074
15	0,837	0,659	0,413	0,737	0,799	0,682	0,607	0,589	0,599	0,624	1,477	1,526	1,029	1,027	15,15	1,106
16	0,775	0,716	0,535	0,916	0,726	0,622	0,646	0,508	0,442	0,687	1,497	1,709	0,722	0,721	0,512	16,16

3.6 Teor de Fibras Insolúveis nos Rizomas *Hedychium coronarium*

Teores de fibras nas amostras foram realizados em triplicata e estão expressos na Tabela 17.

TABELA 17: Quantificação de fibras nos rizomas de lírio-do-brejo.

AMOSTRA	% Fibras	Sd	AMOSTRA	% Fibras	Sd
AM-01	11,96	0,14	AM-08	8,79	0,29
AM-02	9,97	0,26	AM-09	12,10	0,02
AM-03	11,35	0,46	AM-10	11,98	0,04
AM-04	10,18	<0,01	AM-11	11,37	0,11
AM-05	12,23	1,49	AM-12	10,07	0,04
AM-06	7,07	0,21	AM-13	11,27	0,06
AM-07	6,76	0,20	AM-14	11,10	0,11

A Tabela 18 apresenta as correlações dos pares das amostras com p-valor ($\alpha = 0,05$) e t tabelado 4,303 ($\Phi = 2$) em negrito e os desvios padrões dos pares em negrito e em itálico para os ensaios quantitativos das fibras nas amostras.

TABELA 18. Correlções entre os teores de fibras nos rizomas de *Hedychium coronarium*.

AM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1,1	10,537	3,251	5,474	-0,349	28,646	71,584	29,964	-1,870	-0,318	14,940	29,367	11,180	17,793	0,845	-0,342
2	0,326	2,2	-3,737	-7,075	-2,597	96,414	12,786	4,017	-13,629	-15,286	-7,069	-0,543	-7,301	-9,750	-12,327	-16,165
3	0,323	0,636	3,3	2,384	-1,315	12,058	28,465	23,225	-2,938	-2,395	0,084	5,326	0,344	0,953	-2,119	-2,287
4	0,561	0,479	0,847	4,4	-1,154	12,241	10,414	3,637	-7,688	-7,071	-4,024	0,443	-4,111	-3,162	-6,904	-7,539
5	1,360	1,503	1,161	1,193	5,5	5,867	6,772	4,465	0,155	0,293	1,054	2,548	1,136	1,383	0,395	0,279
6	0,294	0,052	0,613	0,438	1,520	6,6	1,370	-6,288	-38,705	-46,103	-24,625	-20,924	-27,557	-40,698	37,237	-50,232
7	0,125	0,436	0,278	0,568	1,397	0,396	7,7	-38,098	-50,298	-42,004	-83,589	-36,301	-54,867	-31,497	-47,878	-38,177
8	0,182	0,507	0,189	0,658	1,33	0,473	0,092	8,8	-21,036	-18,487	-24,791	-8,944	-18,518	-13,011	-19,575	-17,139
9	0,13	0,27	0,441	0,431	1,485	0,224	0,184	0,272	9,9	-4,516	13,641	134,413	34,532	15,145	134,698	3,363
10	0,135	0,227	0,458	0,441	1,472	0,184	0,214	0,298	0,044	10,10	8,887	52,156	15,756	19,956	3,475	-0,452
11	0,068	0,34	0,350	0,509	1,421	0,301	0,095	0,179	0,093	0,12	11,11	33,444	3,089	3,038	9,577	-7,541
12	0,111	0,291	0,416	0,450	1,470	0,247	0,157	0,245	0,026	0,064	0,067	12,12	-129,211	-14,854	112,178	-41,320
13	0,106	0,306	0,404	0,457	1,467	0,263	0,142	0,23	0,042	0,079	0,054	0,016	13,13	2,131	-24,924	-12,922
14	0,125	0,200	0,442	0,505	1,409	0,171	0,238	0,306	0,114	0,076	1,148	0,121	0,133	14,14	-11,855	-16,248
15	0,133	0,269	0,444	0,429	1,488	0,223	0,185	0,273	0,003	0,045	0,095	0,028	0,043	0,115	15,15	-3,068
16	0,163	0,215	0,485	0,415	1,498	0,169	0,236	0,322	0,056	0,028	0,143	0,081	0,097	0,094	0,054	16,16

3.7 Relações Entre Glicose e DNS

A análise espcrofométrica dos açúcares expressos em glicose nas amostras teve como referência os dados discriminados na Tabela 19.

TABELA 19. Parâmetros da calibração do espectrofotometro.

Padrão (mL)	DNS (mL)	Água (mL)	[Glicose] g.L ⁻¹
0,000	1,000	1,000	0,000
0,100	1,000	0,900	0,100
0,200	1,000	0,800	0,200
0,400	1,000	0,600	0,400
0,600	1,000	0,400	0,600
0,800	1,000	0,200	0,800
1,000	1,000	0,000	1,000

As leituras espectrofotométricas dos padrões resultaram na curva de calibração apresentada na Figura 14.

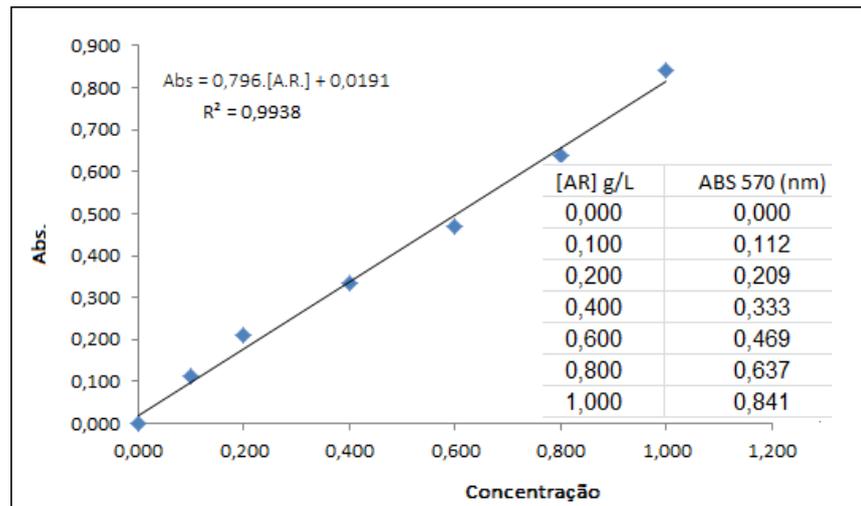


FIGURA 14. Curva de calibração espectrofotométrica para determinação de açúcares expressos com glicose. Método do DNS.

Concentrações de glicose abaixo de $0,2 \text{ g.L}^{-1}$ e acima de $1,5 \text{ g.L}^{-1}$ de glicose apresentaram comportamento não linear justificando a faixa de $0,3 \text{ g.L}^{-1}$ a $1,2 \text{ g.L}^{-1}$ nos ensaios.

3.8 Relações Entre Densidade e °Bx - Soluções de Maltose

Densidade, °Bx e título em massa tendo para soluções de maltose em meio aquoso estão correlacionados na Tabela 20 para $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

TABELA 20. Relações entre graus brix, título em massa e densidade das soluções de maltose.

$d (\text{g.cm}^{-3})$	1,000	1,004	1,008	1,011	1,015	1,019
°Bx	0,000	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000
T	0,000	$9,90 \times 10^{-3}$	$1,96 \times 10^{-2}$	$2,91 \times 10^{-2}$	$3,85 \times 10^{-2}$	$4,76 \times 10^{-2}$
Mol/L	0,000	$2,90 \times 10^{-2}$	$5,77 \times 10^{-2}$	$8,59 \times 10^{-2}$	$1,14 \times 10^{-1}$	$1,41 \times 10^{-1}$

Os dados demonstram estreita correlação entre os parâmetros molaridade e °Bx conforme a Figura 15.

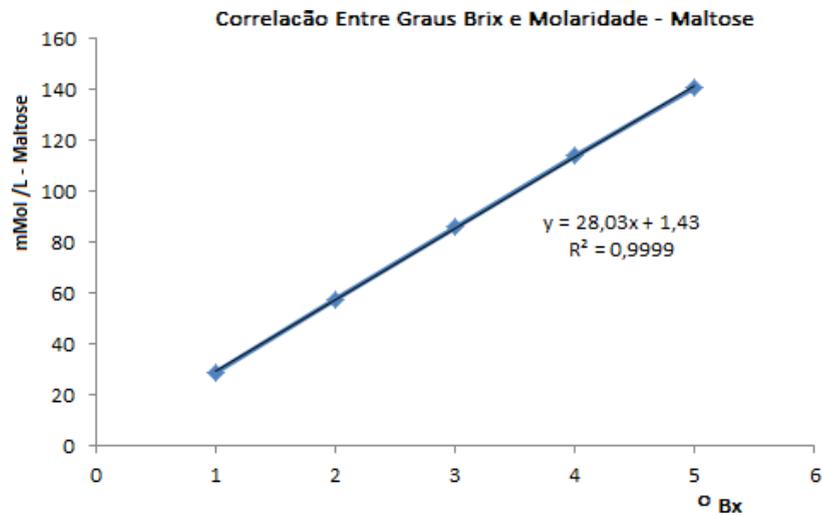


FIGURA 15. Relação entre molaridade e °Bx nas soluções de maltose.

Sem embargo, desvios decorrentes dos procedimentos, pois denotam apenas uma mudança de unidade de medida na escala do refratômetro.

3.9 Amido Nos Maltes

As leituras espectrofotométricas baseadas no método do DNS para quantificação indireta de amido nos maltes estão dispostas na Tabela 21. Os ensaios foram realizados sobre as amostras sem remoção das cascas.

TABELA 21. Teores de amido nos maltes.

Malte	[Amostra] (g/L)	°Bx (início)	Abs (570 nm)	Amido (%)
MT-1	4,01	zero	\bar{x} : 0,052	65,15
MT-2	4,07	zero	\bar{x} : 0,059	72,76
MT-3	4,01	zero	\bar{x} : 0,054	67,70
MT-4	4,01	zero	\bar{x} : 0,052	72,18
\bar{x}				69,45
Sd				3,65
MC-1	4,03	zero	\bar{x} : 0,048	59,84
MC-2	4,05	zero	\bar{x} : 0,051	63,26
MC-3	4,01	zero	\bar{x} : 0,043	53,93
MC-4	4,05	zero	\bar{x} : 0,047	67,77
\bar{x}				61,20
Sd				5,83

As diferenças entre os teores de amido não tiveram causas levantadas, contudo convém ressaltar que a baixa temperatura usada na secagem possa ter contribuído para os elevados valores de Sd. Optou-se em um processo de secagem pouco agressivo com o intuito de preservar as propriedades catalíticas das amilases contidas nos maltes. Testes preliminares efetuados com secagem a

120°C resultaram em maltes pouco efetivos e, portanto, descartados por fugirem ao escopo do presente trabalho, onde o processo de malteação teve por finalidade gerar amilases para a hidrólise do amido presente nos rizomas do *Hedychium coronarium*. Considerando 95% de grau de confiança e três graus de liberdade ($\Phi = n-1$) com $t = 3,18$, tem-se:

Para as amostras de MT:

$$MT(CL_{95}) = 69,45 \% \pm 5,80\%$$

Ou seja, com 95% de nível de confiança o teor de amido nas amostras de malte de trigo situa-se entre 63,65% e 75,25%.

Para as amostras MC:

$$MC(CL_{95}) = 61,20\% \pm 9,27\%$$

Assim, com 95% de nível de confiança o teor de amido nas amostras de malte de cevada situou-se entre 51,93% e 70,47%.

3.10 Comportamento Cinético nas Misturas de Malte

A avaliação da cinética enzimática foi constatada em cinco misturas compostas por malte de trigo e de cevada. As misturas dos maltes seguiram as seguintes proporções em termos de malte de cevada: M1=100%; M2=75%; M3=50%; M4=25%; M5=0,00%. O percentual complementar correspondeu ao teor de malte de trigo e a massa total de cada mistura, de 5,0 g as quais foram avolumadas com água deionizada para 100 mL em pH ajustado para 5,5 com HCl 0,01 M. Os sistemas foram então aquecidos em banho-maria controlado por termostato em dois patamares de temperatura sendo o primeiro a $40 \pm 0,3$ °C por 40 minutos e a seguir, a $62 \pm 0,3$ °C até não mais dar reação positiva quanto a presença de amido. A rampa de aquecimento na transição de temperatura entre 40 °C até 60 °C levou 11 minutos até a estabilização conforme a Figura 16.

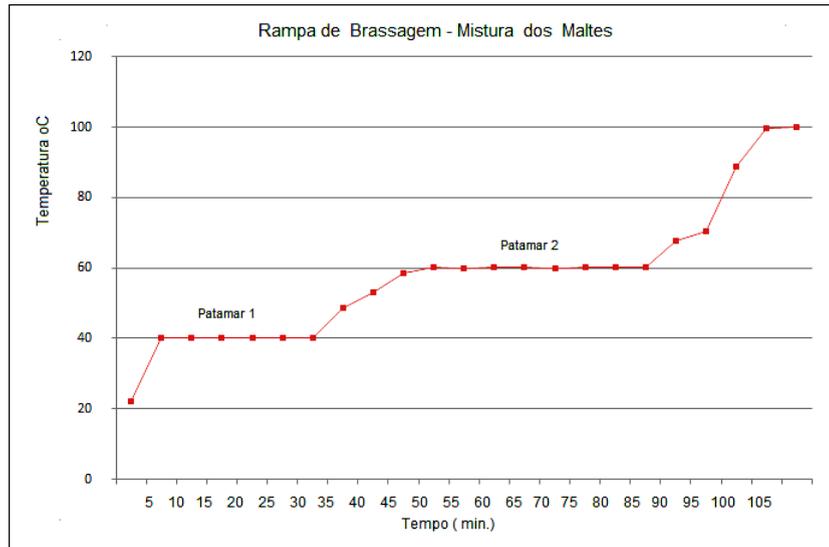


FIGURA 16. Rampa de aquecimento do banho termostático.

Por fim a temperatura foi elevada para 100 °C para inibir as enzimas. A hidrólise do amido foi acompanhada através de refratometria e os açúcares gerados expressos em °Bx em função do tempo conforme a Tabela 22 onde os sinais “+” e “-” à direita da tabela referem-se aos testes dos resíduos de amido ante o lugol.

Tabela 22: Tempo de hidrólise em função da formação de açúcares expressos em °Bx.

		T (min)	0	2	4	6	8	10	12	15	20	25	
		[M] g/L	Unidades Brix										
M1	100%	50,02	0,0	0,8	2,2	2,5	2,8	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	-
		50,01	0,0	0,7	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,1	3,1	3,1	-
		49,98	0,0	0,7	2,2	2,5	2,8	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	-
		\bar{x}	50,0	0,0	0,7	2,2	2,5	2,8	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1
	Sd	0,00	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	
M2	75%	50,01	0,0	0,6	1,8	2,3	2,5	2,8	2,8	3,0	3,0	3,0	+
		50,02	0,0	0,5	1,5	2,2	2,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	+
		50,00	0,0	0,6	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,0	3,0	3,0	+
		\bar{x}	50,0	0,0	0,6	1,8	2,2	2,6	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0
	Sd	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	
M3	50%	50,04	0,0	0,5	1,5	2,0	2,2	2,5	2,8	2,8	2,8	2,8	+
		49,98	0,0	0,6	1,2	1,8	2,0	2,4	2,6	2,7	2,8	2,8	+
		50,02	0,0	0,4	1,5	1,6	1,8	2,2	2,5	2,8	2,8	2,8	+
		\bar{x}	50,00	0,0	0,5	1,4	1,8	2,0	2,4	2,6	2,8	2,8	2,8
	Sd	0,00	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	
M4	25%	49,97	0,0	0,3	0,6	1,2	1,5	2,0	2,0	2,3	2,4	2,4	+
		50,02	0,0	0,2	0,8	1,4	2,0	2,2	2,2	2,4	2,4	2,4	+
		50,05	0,0	0,2	0,6	1,0	1,2	1,8	2,2	2,2	2,4	2,4	+
		\bar{x}	50,0	0,0	0,2	0,7	1,2	1,6	2,0	2,1	2,3	2,4	2,4
	Sd	0,00	0,0	0,1	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	
M5	Zero	49,99	0,0	0,0	0,3	0,8	1,0	1,4	1,4	1,6	1,8	1,8	+
		50,02	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,8	1,8	+
		50,09	0,0	0,0	0,5	1,0	1,2	1,2	1,4	1,6	1,8	1,8	+
		\bar{x}	50,00	0,0	0,0	0,4	0,9	1,1	1,3	1,3	1,5	1,8	1,8
	Sd	0,10	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	

A análise da Tabela 20 mostra que a taxa de conversão de amido em açúcares expressos em dissacarídeos foi mais expressiva no malte de trigo e menos expressiva no malte de cevada bem como, o incremento desta última nas composições não apresentou sinergia e permitiram a elaboração das curvas que apontam as quantidades de produto liberado para as matrizes M1, M3 e M5 (Figura 17):

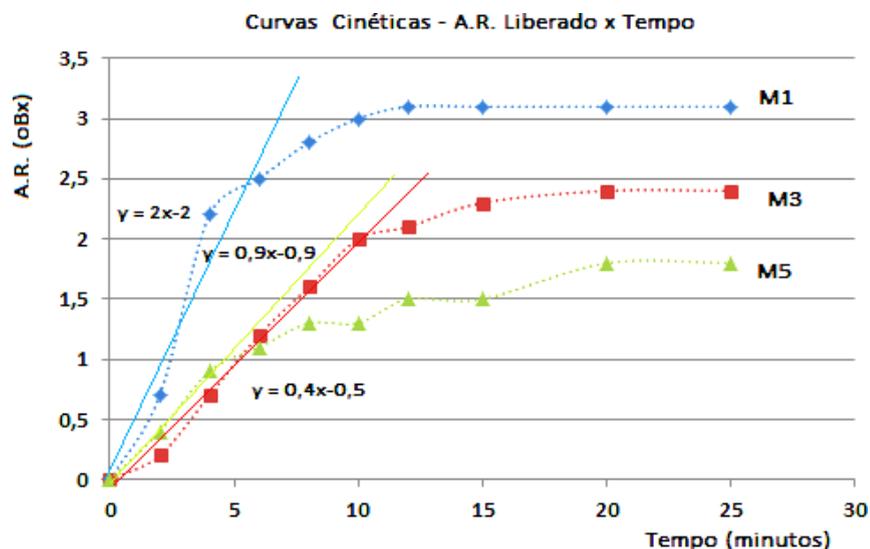


FIGURA 17. Curvas de hidrólise enzimática dos maltes

A maior taxa de velocidade e rendimento no tocante a hidrólise do amido, com base nos parâmetros de atividade enzimática da β -amilase foi com o emprego do malte de malte de trigo a 100%, ou seja, M1 com $y = 2x-2$ na região linear. A amostra em questão, a partir de 10 minutos de tratamento não mais apresentou conversão, fato evidenciado pela análise refratométrica e reação ao lugol. Dessa forma, tomando como referência o tempo 6 minutos, a porcentagem de conversão de amido em açúcares atingiu 80,61% da hidrólise total. O malte de cevada na região linear apresentou menor taxa de conversão, sendo $y = 0,4x-0,5$ e em 6 minutos de tratamento, apresentou conversão de 49,98%. O incremento de malte de cevada nas misturas promoveu diminuição nas taxas de conversão, evidenciado em M3 que apresentou na região linear, taxa de conversão intermediária entre M1 e M5, com conversão de 64,29%. Tais curvas foram elaboradas apenas para definir a escolha mais efetiva para o tratamento posterior, no presente trabalho dos rizomas secos de *Hedychium coronarium*, haja em vista o elevado custo da enzima β -amilase isolada. Não necessariamente os dados definem a atividade enzimática de maltes

comerciais.

Considerando que:



Expressando em termos de massa molar do monômero de amido, a equação pode ser expressa como:



A relação R entre produto e reagente expressa em porcentagem é:

$$R = \frac{\frac{g \text{ amido} \times 100}{mol}}{\frac{g \text{ maltose}}{mol}} = 94,7\% \quad (28)$$

Portanto 324,2 g de amido corresponde após a 342,3 g de maltose. Essa relação, importante para a avaliação da conversão enzimática, toma por base a concentração de substrato no sistema. Assim, em termos mássicos, a quantidade de maltose formada corresponde a 94,7% da massa de amido consumido. Tendo em vista que a relação entre °Bx e mMol.L⁻¹ de maltose é dada por $y = 28,03.x - 1,43$, onde y é a molaridade da solução de maltose e x unidades em °Bx. O valor em °Bx por sua vez se relaciona com a densidade, concentração comum e com o título da solução em massa ou seja, $C = 1000.d.T$. Para M1, tendo em vista a média da triplicata, a concentração obtida de açúcares expressos como maltose fica definida como tendo seu máximo:

$$[\text{Maltose}] = 85,4 \text{ mMol.L}^{-1} \quad (29)$$

Para o tempo de tratamento de 6 minutos, onde a taxa de velocidade é máxima, tem-se:

$$V_{\text{conversão}} = 14,2 \text{ mMol.L}^{-1}.\text{min}^{-1} \quad (30)$$

Para o malte de cevada, aplicando as mesmas relações:

$$[\text{Maltose}] = 23,8 \text{ mMol.L}^{-1} \quad (31)$$

Para o mesmo intervalo de tempo:

$$V_{\text{conversão}} = 3,1 \text{ mMol.L}^{-1}.\text{min}^{-1} \quad (32)$$

Ou seja, nas condições dos experimentos M1 apresentou velocidade de conversão 7,7 vezes superior a M5.

3.11 Açúcares nos Extratos Hidrolisados

A quantificação dos monossacarídeos e dissacarídeos expressos respectivamente em glicose e maltose foi avaliada com base na reação do DNS. Para a determinação da glicose efetuou-se diluição das amostras de modo a se enquadrarem na faixa linear da curva de calibração enquanto que a maltose foi determinada com base na diferença entre a quantidade de açúcares totais expressos em glicose e a glicose medida isoladamente. Sendo a relação entre a absorção ($\lambda=570 \text{ nm}$) e a concentração comum de glicose expressa como $[A.R.] = (Abs / 1691) \times d$, onde d é o fator de diluição. As quantidades de açúcares redutores totais foram determinadas indiretamente mediante reação entre Cu^{+2} e $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ em presença de murexida em $\text{pH}=10$ sendo os valores encontrados dispostos na Tabela 10.

TABELA 23: Açúcares formados nos rizomas submetidos a hidrólise. Valores de dissacarídeos expressos como maltose.

Tratamento	g/100L Amido	Glicose (g/100L)	A.R.T (g/100mL)	A.R.T (°Bx)	Dissacarídeos* (g/100mL)
Rizoma Cru	5,002	0,088	3,231	3,20	3,143
	5,018	0,084	3,473	3,50	3,389
	4,997	0,083	3,330	3,30	3,247
	5,003	0,082	3,444	3,50	3,362
	5,009	0,084	3,452	3,50	3,368
\bar{x}	5,006	0,084	3,386	3,40	3,302
Sd	0,008	0,002	0,103	0,14	0,105
Rizoma Cozido	4,998	0,092	3,619	3,60	3,527
	4,996	0,089	3,582	3,50	3,493
	4,998	0,091	3,643	3,60	3,552
	5,001	0,090	3,598	3,60	3,508
	5,004	0,093	3,602	3,60	3,509
\bar{x}	4,999	0,091	3,609	3,58	3,518
Sd	0,003	0,002	0,023	0,04	0,023

Para $\Phi = n-1$, com intervalo de confiança de 95%, $t = 2,77$ e portanto as

conversões em termos de dissacarídeos variaram entre:

Para os rizomas crus, $(CL_{95}) = 3,30 \% \pm 0,13$ implicando em um intervalo situado entre 3,17% e 3,43% enquanto que para os rizomas cozidos, $(CL_{95}) = 3,52 \% \pm 0,28\%$ e um intervalo entre 3,24% e 3,80%. A comparação dos tratamentos está na Tabela 24.

TABELA 24. Comparação entre hidrolises dos rizomas crus e cozidos

g/L dissacarídeos		diferença	d - \bar{d}	(d - \bar{d}) ²
Rizoma Cru	Rizoma cozido			
3,143	3,527	-0,384	-0,168	0,02822
3,389	3,493	-0,104	0,112	0,01254
3,247	3,552	-0,305	-0,089	0,00792
3,362	3,508	-0,146	0,07	0,00490
3,368	3,509	-0,141	0,075	0,00563
$\bar{x} = 3,302$	$\bar{x} = 3,518$	$\sum d = -1,080$		$\sum (d - \bar{d})^2 = 0,059$
		Sd = 0,121		t = -3,991

Logo os tratamentos são significativamente diferentes havendo favorecimento de conversão para os rizomas cozidos antes da hidrólise enzimática.

É importante salientar que as quantidades de amido apresentados na Tabela 22 correspondem ao total de amido dos quais 50% possuem origem em M1. Considerando como base de cálculo para conversão a maltose, verifica-se que nem todo o amido foi convertido em açúcares. Embora os sistemas tenham sido testados ao lugol, importa que tal ensaio contempla somente o material em solução. Após as filtrações os resíduos apresentaram reação positiva ao lugol, indicando que em meio as fibras das amostras havia amido não hidrolisado. Assumindo que massa de maltose formada corresponde a 94,7% da massa de amido e que todos os açúcares sejam expressos na forma daquele açúcar, é conveniente estabelecer que em cada caso as quantidades de amido remanescentes são definidas como:

$$\text{Amido remanescente} = \text{Amido inicial} - \text{Amido Convertido} \quad (33)$$

Os valores calculados para as quantidades de amido não reagente estão discriminados na Tabela 25.

TABELA 25. Relações entre as quantidades de amido antes e após tratamento enzimático nos sistemas contendo rizomas de *Hedychium coronarium*.

Tratamento	Mo de Amido (g)	Amido Convertido(g)	Amido Remanescente(g)
Rizoma Cru	5,002	3,059	1,943
	5,018	3,289	1,729
	4,997	3,155	1,842
	5,003	3,263	1,746
	5,009	3,270	1,739
\bar{x}	5,006	3,207	1,799
<i>Sd</i>	0,008	0,098	0,092
Rizoma Cozido	4,998	3,429	1,569
	4,996	3,393	1,603
	4,998	3,451	1,547
	5,001	3,409	1,592
	5,004	3,408	1,596
\bar{x}	4,999	3,418	1,581
<i>Sd</i>	0,003	0,022	0,023

3.12 Purificação dos Extratos

Os extratos discriminados na Tabela 21 foram submetidos à decantação sob refrigeração a 5 °C por 48 horas. Após o tempo decorrido foi verificada intensa turbidez nos sistemas. A seguir os extratos foram filtrados a vácuo (0,5 bar) através de papel quantitativo faixa azul, contudo os poros do meio filtrante tornaram-se pouco permeáveis inviabilizando o processo de separação devido as partículas em suspensão. Para aumentar a relação entre a densidade da solução e o material em suspensão foi acrescentado etanol 96,8° GL aos sistemas. A decantação ocorreu quando o volume do solvente orgânico foi de 58 mL para 50 mL de extrato por efeito da relargagem (FIGURA 18).



FIGURA 18: Extrato após relargagem com etanol 96,8°GL e tratamento com carvão ativo (1). Resíduo de matéria insolúvel decantada. Material filtrado com 2 g de carvão ativado (2).

Após o processo de separação o extrato foi concentrado mediante aquecimento em banho-maria para evaporação do excesso de água até leitura de 29° Bx. Todavia houve intensificação da coloração (Figura 19). Foi evitada a evaporação de mais água de modo a evitar a reação de Maillard, caracterizada pela caramelização, que degrada as cadeias dos açúcares.



FIGURA 19. Extrato concentrado a 29° Bx.

Todo o processo, desde a limpeza dos rizomas até a obtenção do extrato analisado está apresentado na Figura 20, na forma de fluxograma.

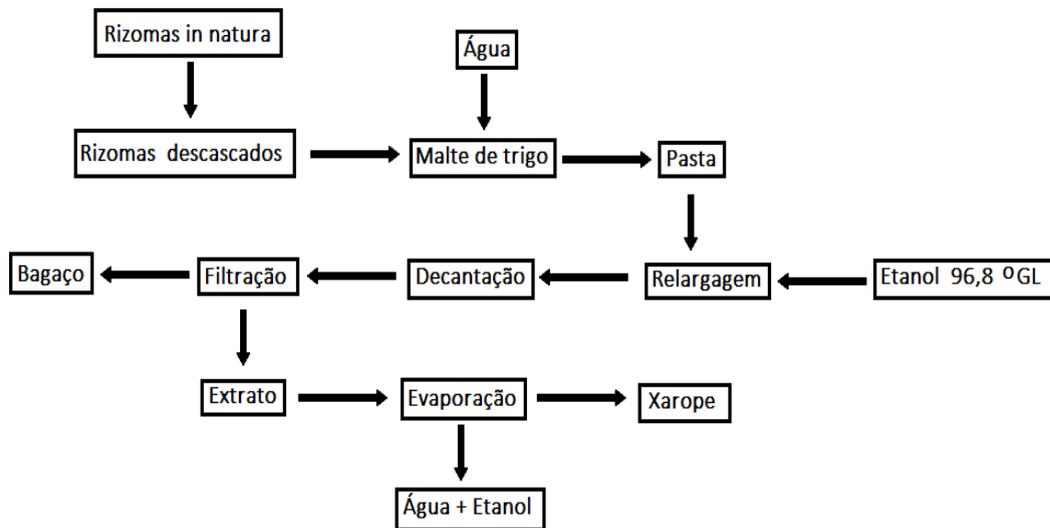


FIGURA 20. Fluxograma de síntese de açúcares a partir de rizomas de *Hedychium coronarium*.

As soluções foram novamente filtradas a vácuo e, embora tenha ocorrido a retenção dos sólidos, apresentaram intensa coloração marrom. Os extratos foram então tratados com 2 g e 5 g de carvão ativado. O tratamento realizado com 2 g de carvão ativado removeu a coloração parcialmente, enquanto que, com 5 g, houve remoção satisfatória da coloração. Os extratos foram então submetidos a aquecimento para evaporação do etanol e os volumes ajustados novamente para 50 mL. Leituras refratométricas foram realizadas sendo constatado diminuição nas concentrações dos açúcares expressos em °Bx conforme a Tabela 26.

TABELA 26. Teores de A.R.T expressos em °Bx para os extratos tratados com 5 g de carvão ativo.

Rizoma Cru - Extrato Purificado (°Bx)	Rizoma Cozido-Extrato Purificado (°Bx)
1,00	1,20
1,20	1,20
1,00	0,80
0,80	1,20
1,00	1,20
$\bar{x}=1,04$	$\bar{x}= 1,10$
Sd=0,15	Sd=0,17

Comparando os resultados apresentados na Tabela 23 com os apresentados na Tabela 24 é possível verificar perdas nos teores dos açúcares. Dessa forma, ainda que clarificados os extratos, quantidades significativas de açúcares foram adsorvidas pelo carvão ativo.

3.2 VIABILIDADE DO PROCESSO

A verificação da viabilidade do processo de aproveitamento dos rizomas de *hedychium coronarium* em açúcares mediante hidrólise com β -amilase oriunda de malte de trigo tem como base a avaliação do custo energético e das matérias primas envolvidas tal como discriminado na Figura 23. Importa ressaltar que a avaliação do processo não contempla a recuperação e perdas dos solventes envolvidos bem como considera o nível de cominuição dos insumos conforme o escopo do presente trabalho.

3.2.1 Balanço de Massa

O presente balanço de massa leva em consideração os parâmetros verificados na amostra AM-12, que apresentou maior teor de amido, no malte de trigo e na taxa de conversão calculada de amido contido nos rizomas em açúcares. Dessa forma:

Massa de rizomas *in natura* limpo: 1116 g (correspondente a 50 g de amido)

Massa de malte de trigo: 91,99 g (correspondente a 50 g de amido)

Conversão: 68,37% (correspondente a 68,37 g de amido hidrolisado)

Massa da Torta: 1116,00 g + 71,99g – 68,37 g ou 1139,62 g

Amido Residual: 30,55 g

Entrada de Água = Saída de Água

Entrada de Etanol = Saída de Etanol

Considerando a adição de 1000 g de água adicional para redução da viscosidade da pasta obtida:

$$\text{Massa de Água} = (1116 \text{ g} \times 0,86) + 1000 \text{ ou } 1959,76 \text{ g}$$

Para o emprego do etanol 94,6 °GL ($d=0,805 \text{ g.cm}^{-3}$) empregado na relargagem:

$$\text{Massa de etanol} = 1000 \text{ mL} \times 0,805 \text{ g.cm}^{-3} \text{ ou } 805 \text{ g}$$

3.2.2 Balanço de Energia do Processo

Para o balanço de energia os parâmetros considerados são (BRASIL, 2013):

Potência da máquina usada na moagem: 5 W.

Tempo total de moagem: 30 minutos

Temperatura inicial do processo: 20 °C

Temperatura de ebulição da água: 100 °C

Calor específico da água: 1 cal.g⁻¹.°C⁻¹

Calor latente de vaporização da água: 540 cal.g⁻¹

Temperatura de ebulição do etanol: 78,4° C

Calor latente de vaporização do etanol: 200 cal.g⁻¹

Calor específico do etanol: 0,58 cal.g⁻¹.°C⁻¹

Por conseguinte foram calculados os valores de Q1, Q2, Q3 e Q4 como parcelas da quantidade total de energia consumida.

Quantidade de calor consumido na hidrólise:

$$Q_1 = 1959,76 \text{ g} \times 1 \text{ cal.g}^{-1}.\text{°C}^{-1} \times (60-20) \text{ x } \text{°C}$$

$$Q_1 = 78.390,40 \text{ cal}$$

$$Q_1 = 327,67 \text{ KJ}$$

Quantidade de calor consumida na vaporização do etanol:

$$Q_2 = 805 \text{ g} \times 0,58 \text{ cal.g}^{-1}.\text{°C}^{-1} (100-20)\text{x°C} + 805\text{g} \times 200\text{cal.g}^{-1}$$

$$Q_2 = 198.325,00 \text{ cal}$$

$$Q_2 = 829,10 \text{ KJ}$$

Quantidade de calor consumida da vaporização da água:

$$Q_3 = 1959,76 \text{ g} \times 1 \text{ cal.g}^{-1}.\text{°C}^{-1} \times (100-20)\text{x°C} + 1000\text{g} \times 540 \text{ cal.g}^{-1}$$

$$Q_3 = 696.780,80 \text{ cal}$$

$$Q_3 = 2.912,58 \text{ KJ}$$

Quantidade de energia consumida na moagem:

$$Q_4 = 5 \text{ W} \times 0,5 \text{ h ou } 2,5 \text{ W.h}$$

Sendo 1 KW.h correspondente a $3,6 \cdot 10^6$ J:

$$Q_4 = 9,00 \text{ KJ}$$

Consumo total de energia:

$$\text{Energia Total Consumida} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$\text{Energia Total Consumida} = 829,10 \text{ KJ} + 2.912,58 \text{ KJ} + 9,00 \text{ KJ} + 327,67$$

$$\text{Energia Total Consumida} = 4078,35 \text{ KJ}$$

3.3.3 Avaliação dos Custos

A avaliação da viabilidade de produção dos açúcares expressos em maltose dentro do escopo do presente trabalho levou em consideração os seguintes valores:

1 KWh: R\$ 0,5099

1 Kg de Maltose: R\$ 9,93 (custo de varejo).

Assim, para a produção de 1000 g de produto seco o custo de produção é de R\$ 8,43, valor muito próximo ao do produto comercial já disponível à venda.

CONCLUSÕES

Os extratos cozidos de rizomas de *Hedychium coronarium* obtidos por ação da β -amilase apresentaram conversão de amido em açúcares de, em média, 72,19% sendo que, desse total, 97,48% de dissacarídeos expressos em maltose.

A tentativa de aumento na concentração de açúcares pelo incremento de substrato não foi bem sucedida devido ao elevado teor de fibras nos rizomas, dificultando durante o processo de aquecimento a agitação dos sistemas estudados.

As filtrações dos extratos mostraram-se problemáticas devido a presença de material em suspensão que promoveu a impermeabilização dos meios filtrantes, inconveniente que foi contornado pela redução da densidade das soluções mediante adição de etanol facilitando a separação das fases por decantação.

Leitos contendo carvão ativado promoveram a remoção de compostos coloridos intrínsecos as matrizes avaliadas mas em contrapartida reduziram as concentrações final dos açúcares presentes nos sistemas, em aproximadamente 50%.

Os dados apurados no presente trabalho não definem como inviável a conversão do amido presente em rizomas de *Hedychium coronarium* em açúcares, porém são necessários estudos visando otimizações que possibilitem melhores rendimentos na conversão no processo apresentado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLINGER, N.L.; CAVA, M.P.; JONGH, D.C.; JOHNSON, C.R.; LEBEL, N.A.; STEVENS, C.L. Química Orgânica, Editora Guanabara 2, 2a ed., 1978.

ALMEIDA, R.V. Invasibilidade de *Hedychium coronarium* J.Koenig (Zingiberaceae) em diferentes umidades de solo. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais do centro de Ciências Biológicas e Saúde da Universidade federal de São Carlos. São Carlos. 2015

Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/2131>. Acesso: 24 out. 2020.

ALVES, E. A. Produção de potássio: panorama do Brasil e do mundo. Gerencia geral de fertilizantes. Vale, 2012. Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/producaopotassio.pdf>. Acesso: 19 mai.2020.

AOCS. Official methods and recommended practices of the AOCS. Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique Ba 6a-05. 6 ed. Chicago: American Oil Chemists Society, 2009.

ASCHERI, D.P.R.; ASCHERI, J.L.R.; MOURA, W.S.; CARVALHO, C.W.P. Caracterização física e físico-química de rizomas e amido do lírio-do-brejo (*hedychium coronarium*). Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 40, n. 2, p. 159-166, abr./jun. 2010. Disponível em: [file:///C:/Users/DELL/Downloads/5570-Texto%20do%20artigo-39084-4-10-20100813%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/5570-Texto%20do%20artigo-39084-4-10-20100813%20(1).pdf). Acesso: 22 abr.2020.

ASCHERI, D. P. R.; MOURA, W. S.; ASCHERI, J.L. R.; JUNIOR, E.A.F. Thermodynamic properties of water adsorption of the starch of rhizome of swamp lily (*Hedychium coronarium*). Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 29(2): 454-462, abr.-jun. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v29n2/36.pdf>. Acesso: 20 abr.2020.

BARROS, S.L.; SANTOS, N.C.; ARAÚJO, T.J.; MELO, M.O.P.; NASCIMENTO, A.P.S. Modelagem cinética de secagem de fécula de mandioca (*manihot esculenta crantz*). III Congresso de ciências agrárias. COINTER-PDVAGRO, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330840431_MODELAGEM_DA_CINETICA_DE_SECAGEM_EM_FECULAS_DE_MANDIOCA_MANIHOT_ESCULENTA_CRANTZ. Acesso: 19 ago.2020.

BATES, F.J. Polarimetry, Saccharimetry and the Sugars. National Bureau of Standards. Washington : U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, 1942
p. 810. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=uq25nENYIfwC&q=direction&hl=pt-BR&source=gbs_word_cloud_r&cad=5. Acesso: 15 ago.2020.

BELETI, M.A.; DUARTE, F.; GEORGE-KRAEMER, J. E. G. Temperature on the development activity of (1-3, 1-4)- β -glucanases enzyme and degradation of β -glucanos during malting. Cienc. Rural vol.42 no.3 Santa Maria Mar. 2012. Disponível

em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012000300013. Acesso: 23 jun. 2020.

BIAZUS, J.P.M.; SOUZA, R.R.; SANTANA, J.C.C.; Desenvolvimento de kits para análise de níveis de glicemia em pacientes com suspeita de diabetes mellitus. *Exacta*. São Paulo. v.5. n.1 p.155-161, jan/jun.2007. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/viewFile/1042/814>. Acesso: 29 ago. 2020.

BOAS, F. V. Efeito da β -amilase e α -amilase fúngica seguido de desramificação na formação e características estruturais de amido resistente tipo 3 de batata e araruta. Dissertação de Mestrado.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto-SP 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/127616/000846543.pdf;jsessionid=11DF89D41B0D67C8DC12B4302D630300?sequence=1>. Acesso: 27 ago. 2020.

BRASIL, Nilo Índio, Introdução à Engenharia Química. Editora: Interciência. 3 ed. Rio de Janeiro, 2013

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC Nº 8, de 06 de março de 2013. Dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares para produtos de frutas e de vegetais e geleia de mocotó. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0008_06_03_2013.pdf. Acesso: 20 out.2020.

CABELLO, C. Identificação de parâmetros para monitoramento de processo contínuo de hidrólise enzimática, na produção de glicose a partir de fécula de mandioca. Tese de doutorado. 208p. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 1995. Disponível em: <http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0543.pdf>. Acesso: 21 abr.2020.

CAMPBELL, M. Bioquímica. Editora Artmed . 3 ed. 2000.. Porto Alegre. RS, p.167-171.

CARPIO, L.G. T.; Fabio, S.de S.; Optimal allocation of sugarcane bagasse for producing bioelectricity and second generation ethanol in Brazil: Scenarios of cost reductions. *Renewable Energy*, Elsevier, vol. 111(C), pages 771-780. 2017. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v111y2017icp771-780.html>. Acesso: 29 mai. 2020.

CARVALHO, L. C; BUENO, R.C.O.de F.; CARVALHO, M.M.;FAVORETO, A. L.; GODOY, A.F. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 2013.

CARVALHO, G.R.; SILVA, P.C.; PEREIRA, L.A.S.; BOTREL, R.V.B. Processo de hidrólise ácida de amido de milho ao longo do tempo. XXV Congresso de pós-graduação da UFLA. 26 a 30 de dezembro de 2016. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/321241218>. Acesso: 15 jun. 2020.

CERCOMP (2020). Catálogo de produto. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/56/o/FQEXP_refratometria.pdf. Acesso: 26 abr..2020.

CLIPPEL, J.K. Conteúdo e variação sazonal de carboidratos ocorrentes na flora da mata atlântica do Espírito Santo. Universidade Federal do Espírito Santo. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo.VITÓRIA, ES. 2006. Disponível em: http://repositorio.ufes.br/jspui/bitstream/10/9951/1/tese_2681_DISSERTA%C3%87%C3%83O%20KELLI.pdf. Acesso: 14 jul. 2020

CONAB. Safra brasileira de cana-de-açúcar. Disponível em:<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso: 04 jun. 2020.

CORAZZA, M.L.; RODRIGUES, G.D.; NOZAKI, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. Quím. Nova vol.24 no.4 São Paulo July/Aug. 2001.

CORDEIRO, C. A. M.; MARTINS, M. L. L.;LUCIANO, A. B. PRODUCTION AND PROPERTIES OF α -AMYLASE FROM THERMOPHILIC BACILLUS SP. Braz. J. Microbiol. vol.33 no.1 São Paulo Jan. 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822002000100012>. Acesso: 24 ago. 2020.

CORREA, M. P. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. v.4, p.674-5.

DANTAS, V. N. A trajetória da cultura cervejeira e sua introdução no Brasil. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2016. Instituto de Ciências Humanas.Disponível em: <https://www.ufjf.br/bach/files/2016/10/VITORIA-NASCIMENTO-DANTAS.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2020.

DENARDIN,C.C.; SILVA, L.P. Starch granules structure and its regards with physicochemical properties. Cienc. Rural vol.39 no.3 Santa Maria May/June 2009 Epub Jan 09, 2009.

DIAS, C. Brasil adicionou 22,8 milhões de toneladas de fósforo em seus solos nos últimos 50 anos.Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/33747073/brasil-adicionou-228-milhoes-de-toneladas-de-fosforo-em-seus-solos-nos-ultimos-50-anos>).Acesso: 30 mai.2020.

DIAS, J. L. de M; QUAGLINO, M. A.; A questão do petróleo no Brasil: uma história da PETROBRAS. Rio de Janeiro: CPDOC: PETROBRAS, 1993. 211p. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/6731>. Acesso: 15 jun.2020.

DIETVORST, J., LONDESBOROUGH, J.; STEENSMA, H. Y., Maltotriose utilization in lager yeast strains: MTT1 encodes a maltotriose transporter. Yeast, 22, 775-788 (2005). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/yea.1279>. Acesso: 14 mar. 2020

DORNERMAN, G. M.. Comparação de Métodos para Determinação de Açúcares Redutores e Não-redutores. UFRGS. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Química. Trabalho de diplomação Jun. 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/143940/000998082.pdf?sequence>. Acesso: 27 nov. 2020.

DOJINDO. Catalogo de produtos. 2021. Disponível em: <https://www.dojindo.eu.com/store/p/726-Cu-II-EDTA.aspx>. Acesso: 05 out. 2021

DUARTE, F.T.B. 2014. Entendendo a transformação química por meio do processo de fermentação alcoólica. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em ensino de ciências. Decanato de Pesquisa e Pós-graduação Instituto de Ciências Biológicas Faculdade UnB Planaltina. 2014. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/17042>. Acesso: 20 abr. 2020.

EDUARDO, M. de P.; Hidrolise enzimática da mandioca e puba para a obtenção de xarope de maltose. Dissertação apresentada a Escola Superior de Agricultura Luiz de Quiroz. Universidade de São Paulo para obtenção de título de mestre em ciências, Área de concentração: Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Piracicaba-SP. 2002. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-07042003-142026/publico/mariana.pdf>. Acesso: 15 ago. 2020.

Eromixers Co. 2020. Disponível em. (<https://www.euromixers.pt/gravidade-especifica/>). Acesso: 19 jul. 2020

FB. Farmacopeia dos Estados Unidos do Brasil. Indústria Grafica Siqueira. 2 ed. São Paulo. S/A. 1959.

FERNANDES, H. Açúcar e álcool ontem e hoje. 165 p. Coleção canavieira v.4. Rio de Janeiro. 1971.

FERREIRA, S.M.; CALIARI, M.; JUNIOR, M.S.S.; BALEIA, A. D. P. Produção de açúcares redutores por hidrólise ácida e enzimática de farinha de arroz. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 383-390, 2013.

FREITAS, L. S.; MARTINS, E. da S.; FERREIRA, O.M. Produção e caracterização parcial de α -amilase de *Syncephalastrum racemosum*. R. bras. Bioci., Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 226-232, out./dez. 2014. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/viewFile/3120/1258>. Acesso: 19 ago. 2020.

FRYHLE, C.; SOLOMONS, G. Química orgânica. LTC v.2.474 p. 7 ed.. Rio de Janeiro. 2001.

GONÇALVES, C.; RODRIGUEZ-JASSO, R. M.; GOMES, N.; TEIXEIRA, J. A.; BELO, I. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. , Analytical Methods. London, v. 2, p. 2046-2048, 2010. 2046 .Anal. Methods. This journal is ^aThe Royal Society of Chemistry. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/215865102>. Acesso: 13 mar. 2020.

GORDON, R. A assustadora história da medicina. Ediouro.1 ed 1996. Rio de Janeiro.

GRIPPA, M. J. C. Planta flex no Mato Grosso. Trabalho realizado à disciplina de Pós-graduação MBA – Gestão do Agronegócio, da Universidade Federal do Paraná. Curitiba.2012. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/44422/R%20-%20E%20-%20MARIO%20JOSE%20CACHO%20GRIPPA.pdf?sequence=1>). Acesso: 20 de jul.2020.

GROSS, J. A.; SANTOS, F.C.; GAIDA, W.; TONIOLO, G.R. FILHO, W.P. Influência de concentrações de clorofila na resposta espectral de cultivares de soja. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0806.pdf>. Acesso: 25 set.2021.

HASSAN, E. G.; MONIEM, A.; ELFAKI, M.; ELFAKI, A. Characterization and evaluation of starches from different sources. Journal of Agri-Food and Applied Sciences Available -JAAS Journal. Vol. 3(4), pp. 101-109, 31 August, 2015.

HOSTETTLER, C; KÖLLING, K; SANTELIA, D; STREB, S. Analysis of Starch Metabolism in Chloroplasts. Article (PDF Available). Methods in molecular biology (Clifton, N.J.) 775:387-410 • July 2011 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/51592019_Analysis_of_Starch_Metabolism_in_Chloroplasts. Acesso: 22.01.2020.

JONES, J. H.. U.S. Department of Commerce National Bureau of Standards. 1942.

KINNUP, V. F.; LORENZI, H. Plantas alimentícias não convencionais no Brasil. Guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. Nova Odessa.SP. 1 ed. 2015. 768 p.

KINNUP, V. F. Plantas alimentícias não-convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS. Tese de Doutorado em Fiototecnia. Faculdade de Agronomia. UFRGS. Porto Alegre. 2007. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12870/000635324.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LEE, J.D. Química inorgânica não tão concisa. Edgard Bluncher LTDA. 5. ed : São Paulo, 2003.

LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; CEREDA, M.P.; GUERREIRO, L. M. R. Extração e Caracterização do Amido de Biri (*Canna edulis*). Braz. J. Food Technol., 5:27-32, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284151912_Extracao_e_caracterizacao_do_amido_de_biri_Canna_edulis. Acesso: 27 ago. 2020.

LEONG, Y. H.; KARIM, A. A.; NORZIAH, M. H. Effect of pullulanase debranching of sago (Metroxylon sagu) starch at subgelatinization temperature on the yield of resistant starch.

Satarch/Starke, v. 59, n. 1, p. 21-32, 2007.

MAPA. Determinação quantitativa de amido em produtos lácteos por titulometria (método Lane-Eynon). Laboratório Nacional Agropecuário - LANAGRO/RS Laboratório de Análises Físico-químicas de Produtos de Origem Animal e Água/SLAV. Emissão: 29/08/2013. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/credenciamento-e-laboratorios-credenciados/legislacao-metodos-credenciados/arquivos-metodos-da-area-poa-iqa/met-poa-slav-36-01-determinacao-de-amido-quantitativo-em-produtos-lacteos.pdf>

MATOS, D. A.; SANTOS, I.J.; COIMBRA, J.S.R.; SILVA, P.H.A. Fécula de batata como adjunto de malte na fabricação de cerveja. Revista B.CEPPA, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 161-172, jan./jun. 2005. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328054421.pdf>. Acesso: 22. Jun.2020.

MARTINE, G. A trajetória da modernização agrícola: a quem beneficia? Lua Nova: Revista de Cultura e Política no.23 São Paulo Mar. 1991. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-64451991000100003. Acesso: 24 mai.2020.

MARTINS, M.B.G; CARAVANTE, A.L.C; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B; SOARES, M.K.M; MOREIRA, R.R.D; SANTOS, L.E. Anatomical and phytochemical characterization of leaves and rhizomes from *Hedychium coronarium* J. König (Zingiberaceae). Rev. bras. plantas med. vol.12 no.2 Botucatu Apr./June 2010.

MENDHAM, J., DENNEY, R. C., BARNES, J. D., THOMAS, M. J. K. Vogel – Análise química quantitativa..LTC. Rio de Janeiro. 1989. p. 462..

MERCK. Catalogo de produto. 2019. Disponível em: http://www.merckmillipore.com/BR/pt/product/Maltose-monohydrate,MDA_CHEM-105911]. Acesso: 25 jul.2020.

MICHELLON, E.; SANTOS,A. A. L.; RODRIGUES, J. R. A.; Breve descrição do proálcool e perspectivas futuras para o etanol produzido no Brasil Rio Branco – Acre, 20 a 23 de julho de 2008. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/109225>. Acesso. 20 mar. 2021.

MORETTO, E.; ALVES, R.F.; CAMPOS, C.M.T.; ARCHER, R.M.B.PRUDÊNCIO, A.J. . Alves, Roselene et. al - Vinhos e Vinagres – Processamento e análises. Editora da UFSC. 167 p.1988. Florianópolis.

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO,R.M.V. Manual de soluções, reagentes e solventes.JOU. 2 ed. 2007.São Paulo. 675 p.

MOURA, W. EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DO *Hedychium coronarium* E ELABORAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS. Dissertação de mestrado. UEG.. Anápolis – GO Novembro – 2008. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp138928.pdf>. Acesso: 20 out.2020.

NEHMI, V. v.2. Química orgânica. Editora: Autor. 1969.

NETO, E.S. S.; POÇAS, M.D.; GALINDO, M.V.; CARVALHO, P.T.; SAKANAKA1,L.S.;UENO, C. T. A PRODUÇÃO DE MALTE EM PEQUENA ESCALA – UMA ALTERNATIVA AOS CERVEJEIROS ARTESANAIS .. XXV Congresso de Ciencia e Tecnologia de Alimentos. 24 a 27 de outubro de 2006. Gramado.RS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/1562.pdf>). Acesso: 21 abr. 2020

Official Journal of the European Communities. No L 239/25. Done at Brussels, 26 July 1979. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31979L0796&from=FR>. Acesso: 15 mai.2020.

OKUNO, E.; CALDAS,I.L; CHOW, C. Física para Ciências Biológicas e Biomédicas. Editora Harbra. 1 ed. 1982. São Paulo.

OLIVEIRA, M.; FABER, C.R.; PLATA_OVIED, M.S.V. Elaboração de Cerveja Artesanal a Partir da Substituição Parcial do Malte por Mel. Brazilian Journal of Food Research v. 6, n. 3, p. 01 – 10.).2015.

PUBLICHEM, jun. 2019. Compound Summary. Disponível em: [glucose.https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov)..Acesso: 27 mai.2020.

PORTO, P. D. Tecnologia de fabricação de malte: uma revisão. UFRGS. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Tecnologia e Ciencias dos Alimentos. Curso de Engenharia de Alimentos. Porto Alegre. 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/56455/000857950.pdf>. Acesso: 17 ago.2020.

SILVA, J. D.; AROUCHE, L. H. Processo de produção artesanal de bebida fermentada alcoolica sem presença do glútem. Trabalho de conclusão de curso.UNIVAP. Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo. 2016. Dsiponível em:<http://biblioteca.univap.br/dados/00002e/00002ec2.pdf>. Acesso: 17 jun.2020.

RAMALHO, F.J.; FERRARO, N.G.; TOLEDO, P.A.S. Os fundamentos da física. Moderna. 1984. 419 p. 1 ed. 1984.

RAMOS, R. C.; NACHILUK, K. IEA. Diagnostico do setor sucroenergético em 2014. IEA. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=13797>. Acesso: 19 jul. 2020.

RIZZOLO, J. A. Estudos para o aproveitamento biotecnológico de variedades de batata-doce [ipomoea batatas (L.) lam] na fermentação alcoólica para a produção de etanol combustível e aguardente. Tese de doutorado.Curso de PósGraduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia,UFRPR.. Curitiba, PR. 2014. 122p. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47464/R%20%20JOANA%20ANTUNEZ%20RIZZOLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 15 mai. 2020.

SAID. S; ROSEMEIRE C. L. R. PIETRO; Enzimas como agentes biotecnológicos Editora. Legis Summa, 2004.

SANTOS,A.F.; QUEIRÓZ, J.H.; COLODETTE, J.L. FERNANDES, S.A.

GUIMARÃES, V.M.;REZENDE, S.T. Potential of sugarcane straw for ethanol production. Quím. Nova vol.35 no.5 São Paulo 2012.

SANTOS, I. J.; SANTOS, Y. L.; OLIVEIRA, M. G. A.; SILVA, P. H. A.; Expressão da alfa e beta amilase durante a germinação de cevada. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais.v.12, p.67-73, 2010.

SANTOS, A. V.; DEOTI, J.R.;MÜLLER, G.; DARIO, M.G.; STAMBUK, B.U.; JUNIOR, S.L.A. Dosagem de açúcares redutores com o reativo DNS em microplaca. Braz. J. Food Technol. vol.20 Campinas 2017 Epub Jan 26, 2017 Disponível em:<https://doi.org/10.1590/1981-6723.11315>. Acesso. 19 ago. 2020.

SCHIMIDEL, W.; BORZANI, W.; AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; Biotecnologia Industrial- Processos Fermentativos e Enzimáticos. Bluncher, São Paulo. 2001. v.3. P. 375-376.

SCHWARZENBACH, G. Complexometric Titrations, p.8. Chapman and Hall.London, 1957.

SIGMA. Product Information.D-(+)-Maltose monohydrate. Sigma-Aldrich. Nov. 2003. Disponível em:[https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigmaaldrich/docs/Sigma/Product Information Sheet/1/m5895pis.pdf](https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigmaaldrich/docs/Sigma/Product%20Information%20Sheet/1/m5895pis.pdf). Acesso: 20 mai.2020.

SILVA, P.H.P. Titulações potenciométricas de cátions metálicos tendo como eletrodo indicador o sistema Cu/CuY²⁻. Dissertação de mestrado. UFSCar. São Carlos-SP. 2007. Disponível em:<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6438/1915.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 27 set.2020.

SILVA, R. N.;MONTEIRO, V. N.; ALCANFOR, J. D. X.; ASSIS, E. M.;ASQUIERI, E.R. Comparision methods for the determination of reducers sugars and total in honey. Ciênc. Tecnol. Aliment. vol.23 no.3 Campinas Sept./Dec. 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612003000300007. Acesso: 29 ago. 2020.

SPENCER, G.L.; MEADE, G.P. Special Reagentes. Cane Sugar Handbook, New York, Wiley, 1945

TEIXEIRA, J. C.; STECK, J.; BURLE, S.; BRASIL, T. Trabalho escravo resiste ao tempo. Revista Em Discussão. Revista de audiências publicas do Senado Federal. Ano 2. N.7. 2011. Disponível em: [https://www.senado.gov.br/noticias/jornal/emdiscussao/Upload/201102%20-%20maio/pdf/em%20discuss%C3%A3o! maio internet.pdf](https://www.senado.gov.br/noticias/jornal/emdiscussao/Upload/201102%20-%20maio/pdf/em%20discuss%C3%A3o!%20maio%20internet.pdf). Acesso: 13 mai. 2020.

TSCHOPE, E.C. Microcervejarias e Cervejarias. A Historia , a Arte e a Tecnologia. 1 ed. Editora Ad. São Paulo. 2001

VAIDYA, S.;SWEEKRUTHI, A.; SNEHAL, V.; NAVITHA, I; NETHRAVATHY, A PILOT Study on the effect of oral dentifrice on salivary amylase. IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology. Vol.5. Sep.2016. Disponível

em:<https://ijret.org/volumes/2016v05/i29/IJRET20160529010.pdf>. Acesso: 19 mar. 2020.

VASCONCELOS, N. M.; PINTO, G. A. S.; ARAGÃO, F. A. S. de. Determinação de açúcares redutores pelo ácido 3,5-dinitrosalicílico: Histórico do Desenvolvimento do Método e Estabelecimento de um Protocolo para o Laboratório de Bioprocessos. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Fortaleza, 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103342/1/BPD13017.pdf>. Acesso: 15 out.2020.

VIANNA, H. História do Brasil. v.1. 384 p. 1 ed. Melhoramentos São Paulo. 1961.

VIDGREN, V. Maltose and maltotriose transport into ale and lager brewer's yeast strains. Division of Genetics. A dissertation for the degree of Doctor of Philosophy to be presented, Faculty of Biological and Environmental Sciences. University of Helsinki. December, 2010. Disponível em: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/publications/2010/P748.pdf>. Acesso: 22 nov.2020.

VOLCI, A.G. Comportamento tribológico do anel de primeiro canaleta em motores operando em sistemas flex fuel. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.UFPR. Curitiba-PR.. 2007.Diponível em:<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47371/R%20-%20D%20-%20GUSTAVO%20AUGUSTO%20VOLCI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 24 fev.2020.

YIERYI METERS. RSG-32ATC Hand Held SG 1.000-1 .120 Beer Refractometer 0-32% Brix. Disponível em: https://www.yieryimeters.com/rsg-32atc-hand-held-sg-1-000-1-120-beer-refractometer-0-32-brix-reference_p31.html. Acesso: 20 nov. 2020.