MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO – PPGAN

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DESENVOLVIMENTO, COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE UM SUPLEMENTO ALIMENTAR EM GEL À BASE DE RAPADURA

LEANDRA CALINE DOS SANTOS

TERESINA-PI
2024

LEANDRA CALINE DOS SANTOS

DESENVOLVIMENTO, COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE UM SUPLEMENTO ALIMENTAR EM GEL À BASE DE RAPADURA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Área de Concentração: Alimentos e Nutrição.

Orientador(a): Prof.ª Dr.ª Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão.

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Pereira dos Santos.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA LEANDRA CALINE DOS SANTOS E ORIENTADA PELA PROFª DRª AMANDA DE CASTRO AMORIM SERPA BRANDÃO.

TERESINA-PI
2024

Universidade Federal do Piauí

Biblioteca Setorial do CCS

Divisão de Representação da Informação

S237d Santos, Leandra Caline dos.
Desenvolvimento, composição centesimal e análise físico química de um suplemento alimentar em gel à base de rapadura / Leandra Caline dos Santos. Teresina, 2024.
77 f. : il.

Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, 2024.
"Orientador(a): Prof.ª Dr.ª Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão"

1. Suplementos Nutricionais. 2. Rapadura. 3. Substâncias para Melhoria do Desempenho. I. Brandão, Amanda de Castro Amorim Serpa. II. Título.

CDD 664.02

Elaborada por Fabíola Nunes Brasilino CRB 3/ 1014

LEANDRA CALINE DOS SANTOS

DESENVOLVIMENTO, COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE UM SUPLEMENTO ALIMENTAR EM GEL À BASE DE RAPADURA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

DATA DA DEFESA: 08/02/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof.ª Dr.ª Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão

Presidente

Prof.ª Dr.ª Glêbia Alexa Cardoso

1º Examinador

Prof.ª Dr.ª Cintia Pereira da Silva

2º Examinador

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Maria da Guia, meu maior exemplo de força, coragem e resiliência.

“Não, não pares! É graça divina começar bem. Graça maior persistir na caminhada certa, manter o ritmo... Mas a graça das graças é não desistir, podendo ou não podendo, caindo, embora aos pedaços, chegar até o fim...”

(Dom Hélder Câmara)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me guiar e abençoar tanto nessa jornada, me dando força, calma e a sabedoria necessária para continuar.

À minha mãe, Maria da Guia, por ser um exemplo de resiliência, por dar tudo de si para que eu pudesse ir além e por sempre acreditar nos meus sonhos, muitas vezes até mais do que eu. E ao meu padastro José Valdécio, por me incentivar na busca incessante pelo conhecimento.

Aos meus irmãos, Lana Kely e Francisco Iurik, pela inocência e compreensão e por se fazerem presentes mesmo com a distância.

À minha sobrinha Maisa, que me ensinou um novo tipo de amor no dia em que nasceu, forte e puro.

Às minhas tias, por cada uma à sua maneira, me encorajarem a continuar.

À Kaélio Luz, pessoa que tenho o privilégio de me encantar e amar, por ser luz nos meus dias mais difíceis e pelo apoio incondicional.

Aos meus vizinhos e amigos, Sannya Paes Landim, Pedro Lucas e Isabel Monnaly, por serem minha família em Teresina. E em especial Gizeli Lima, por sempre me lembrar o poder da oração.

À Ana Karine, Fabrícia, Carulina, Mariana e Hudson, pelo auxílio, trocas e aprendizados durante as análises.

À Seu Osvaldo e Dona Maíza, pelos conselhos, cafés, fofocas e risos.

Ao meu grupo de amigos do Mestrado, Dayane Dayse, Kaio Germano, Rayssa Sousa e Thayanne Torres, os melhores que eu poderia ter nessa caminhada, pelo apoio mútuo, cumplicidade e por tornarem o processo mais leve.

Aos meus amigos do grupo de pesquisa Núcleo de Estudos em Fisiologia do Exercício Aplicado ao Desempenho e Saúde (NEFADS), pela união, compromisso e dedicação em prol da ciência.

À Prof.ª Dra. Nara Vanessa e a Jucianne Lobato, que me permitiram e incentivaram a começar a sonhar com o Mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN), por nutrirem meu amor pela profissão. Em especial a minha orientadora, Prof.ª Dra. Amanda Castro pela orientação, apreço e paciência nessa trajetória. E ao meu coorientador, Prof. Dr. Marcos Antonio pela confiança depositada, apoio e ensinamentos acadêmicos e de vida.

Ao Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí, ao PPGAN e seus funcionários, em especial Gerciane, Karol e Luana, por toda ajuda.

Aos coordenadores do Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos (LABROMBIOQ) e do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Procedimentos de Alimentos (NUEPPA), pelos equipamentos e materiais disponibilizados para o desenvolvimento da pesquisa.

E, a todos que mesmo não citados, contribuíram e estiveram presente de alguma forma, a minha gratidão.

SANTOS, L. C. **Desenvolvimento, composição centesimal e análise físico-química de um suplemento alimentar em gel à base de rapadura**. 2024. 77p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2024.

RESUMO

O suplemento alimentar em gel de carboidratos apresenta como principal vantagem a rápida absorção e liberação de energia, resguardando a intensidade do treino e prevenindo contra possíveis intercorrências que possam atrapalhar o rendimento. Assim, o objetivo do trabalho foi desenvolver um suplemento alimentar em gel à base de rapadura, bem como avaliar sua composição centesimal e características físico-químicas. Para avaliação da composição centesimal, o produto foi submetido, em triplicata, às seguintes análises: umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos. O Valor Energético Total (VET) em kcal/100 g foi calculado segundo os valores de conversão de *Atwater*. Para avaliação dos aspectos físico-químicos, o produto foi submetido, em triplicata, às análises de acidez total titulável, pH e atividade de água. A análise sensorial foi realizada com 105 assessores não treinados (corredores e ciclistas) que consumiam ou já tinham consumido suplementos de carboidratos na forma de gel. Para comparação entre as médias dos resultados aplicou-se o teste *t Student* com Intervalo de Confiança de 95%. O percentual de umidade de ambos os suplementos variou entre 22,25 ± 0,01 (R) e 25,16 ± 0,08 (Z). O teor de cinzas das amostras formuladas apresentou-se em 1,44 ± 0,01, enquanto que do suplemento comercial foi de 0,92 ± 0,00. No que se refere ao percentual lipídico e proteico, o suplemento alimentar em gel à base de rapadura apontou uma média de 0,47 ± 0,00 e 1,20 ± 0,06, respectivamente. A porcentagem de carboidratos do suplemento desenvolvido à base rapadura apresentou uma quantidade superior (74,65g), em comparação ao suplemento comercial (72,77g). Para o VET, o suplemento "R" apresentou 307,59 Kcal, para 296,13 Kcal do suplemento "Z". O pH das amostras analisadas do suplemento alimentar em gel à base de rapadura e do suplemento alimentar em gel comercial apresentou-se entre 6,46 ± 0,00 e 6,04 ± 0,00, respectivamente. Para determinação da acidez total titulável, os valores em mL de NaOH 0,1N gasto foi de 1,50 ± 0,00 para o suplemento alimentar em gel desenvolvido (R) e 2,00 ± 0,00 para o suplemento alimentar em gel comercial. A atividade água das amostras R e Z foram de 0,79 ± 0,00 e 0,87 ± 0,00, respectivamente. Dentre os 105 provadores que participaram do teste de aceitabilidade, 50,5% afirmaram gostar muitíssimo e 60% afirmaram que certamente comprariam o produto. Portanto, a composição do suplemento alimentar em gel à base de rapadura apresenta a quantidade de carboidratos recomendada para atender as necessidades energéticas e de recuperação muscular após exercícios de resistência, além de auxiliar na reposição de eletrólitos.

PALAVRAS-CHAVE: Suplementos Nutricionais; Rapadura; Substâncias para Melhoria do Desempenho.

SANTOS, L. C. **Development, centesimal composition and physicochemical analysis of a gel food supplement based on rapadura**. 2024. 77p. Dissertation (Master's) – Postgraduate Program in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina, 2024.

ABSTRACT

The main advantage of the carbohydrate gel food supplement is the rapid absorption and release of energy, protecting the intensity of training and preventing possible complications that could hinder performance. Thus, the objective of the work was to develop a gel food supplement based on rapadura, as well as to evaluate its proximate composition and physical-chemical characteristics. To evaluate the proximate composition, the product was subjected, in triplicate, to the following analyses: moisture, ash, lipids, proteins and carbohydrates. The Total Energy Value (TEV) in kcal/100 g was calculated according to Atwater conversion values. To evaluate the physical-chemical aspects, the product was subjected, in triplicate, to analyzes of total titratable acidity, pH and water activity. The sensory analysis was carried out with 105 untrained assessors (runners and cyclists) who consumed or had previously consumed carbohydrate supplements in gel form. To compare the mean results, the Student t test was applied with a 95% Confidence Interval. The moisture percentage of both supplements varied between 22.25 ± 0.01 (R) and 25.16 ± 0.08 (Z). The ash content of the formulated samples was 1.44 ± 0.01, while that of the commercial supplement was 0.92 ± 0.00. With regard to lipid and protein percentages, the rapadura-based gel food supplement had an average of 0.47 ± 0.00 and 1.20 ± 0.06, respectively. The percentage of carbohydrates in the supplement developed based on rapadura was higher (74.65g) compared to the commercial supplement (72.77g). For VET, supplement "R" presented 307.59 Kcal, compared to 296.13 Kcal for supplement "Z". The pH of the analyzed samples of the rapadura-based gel food supplement and the commercial gel food supplement was between 6.46 ± 0.00 and 6.04 ± 0.00, respectively. To determine the total titratable acidity, the values in mL of 0.1N NaOH spent were 1.50 ± 0.00 for the developed gel food supplement (R) and 2.00 ± 0.00 for the gel food supplement commercial. The water activity of samples R and Z were 0.79 ± 0.00 and 0.87 ± 0.00, respectively. Among the 105 tasters who participated in the acceptability test, 50.5% said they really liked it and 60% said they would certainly buy the product. Therefore, the composition of the rapadura-based gel food supplement presents the recommended amount of carbohydrates to meet energy and muscle recovery needs after resistance exercises, in addition to helping to replace electrolytes.

KEYWORDS: Nutritional Supplements; Rapadura; Performance Enhancing Substances.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Etapas do processo de produção.....32
Figura 2. Matéria-prima utilizada como base para o desenvolvimento do suplemento alimentar em gel.....37
Figura 3. Fluxograma do desenvolvimento do gel de carboidrato à base de rapadura.....38
Figura 4. Suplemento alimentar em gel à base de rapadura embalado.....47
Figura 5. Análise sensorial do suplemento alimentar em gel à base de rapadura (Escala Hedônica).....48
Figura 6. Intenção de compra do suplemento alimentar em gel à base de rapadura.....49
Figura 7. Análise Descritiva-Quantitativa do suplemento alimentar em gel à base de rapadura.50
Figura 8. Ligação glicosídica para a formação da sacarose.....54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Categorização de suplementos por uso.....18

Tabela 2. Síntese das recomendações diárias de ingestão de carboidratos para diferentes modalidades de exercício.....28

Tabela 3. Ingredientes utilizados na formulação do suplemento alimentar em gel à base de rapadura.....46

Tabela 4. Resultados das análises dos suplementos alimentares em gel R e Z em relação à composição centesimal.....51

Tabela 5. Resultados das análises físico-químicas dos suplementos alimentares em gel R e Z.....55

Tabela 6. Resultados das análises microbiológicas do produto formulado quanto à presença de enterobactérias, *Salmonella* spp. e bolores e leveduras.....57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADQ	Análise Descritiva-Quantitativa
Al	Alumínio
ANC	Açúcar Não Centrifugado
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists International
Ar	Argônio
ATP	Adenosina Trifosfato
Aw	Atividade de Água
Ca	Cálcio
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CG	Carga Glicêmica
CHO	Carboidrato
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CO_2	Dióxido de Carbono
CONEP	Conselho Nacional de Ética em Pesquisa
Cu	Cobre
F	Flúor
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FDA	Food And Drug Administration
Fe	Ferro
G	Grama
G-6-P	Glicose-6-Fosfato
GLUT	Proteína Transportadora
GLUT 4	Proteína Transportadora de Glicose
GLUT 5	Proteína Transportadora de Frutose
H_2O	Água
H_2SO_4	Ácido Sulfúrico
I	Iodo
IG	Índice Glicêmico

IN	Instrução Normativa
K	Potássio
KCAL	Quilocaloria
KG	Quilograma
LABROMBIOQ	Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos
LOG	Logaritmos
M	Molar
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
N	Nanomolar
Na	Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio
NO_2	Dióxido de Nitrogênio
Ph	Potencial Hidrogênico
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SBME	Sociedade Brasileira de Medicina do Exercício e do Esporte
SS	Salmonella-Shigella
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
UFPI	Universidade Federal do Piauí
VET	Valor Energético Total
VRBG	Vermelho Violeta Bile com Glicose
VO_{2max}	Volume de Oxigênio Máximo
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 15

2. REVISÃO DE LITERATURA 18

2.1. Suplementos Esportivos e Aptidão Física 18

2.2. Metabolismo de Carboidratos 20

2.3. Carboidratos e Exercício Físico 23

2.4. Suplementação de Carboidratos 26

2.5. Rapadura 30

3. OBJETIVOS 35

3.1. Objetivo Geral 35

3.2. Objetivos Específicos 35

4. MEDOTOLOGIA 37

4.1 Aquisição e Preparo da Matéria-Prima 37

4.2 Desenvolvimento de Um Suplemento Alimentar Rico em Carboidratos à Base de Rapadura (“Gel de Carboidratos”) 38

4.3 Análise Sensorial 39

4.3.1 Escala Hedônica e Intenção de Compra 39

4.3.2 Análise Descritiva-Quantitativa (ADQ) 39

4.4 Composição Centesimal 40

4.4.1 Umidade 40

4.4.2 Cinzas 40

4.4.3 Lipídios 41

4.4.4 Proteínas 41

4.4.5 Carboidratos 42

4.4.6 Determinação do Valor Energético Total (VET) 42

4.5 Caracterização Físico-Química 43

4.5.1 Acidez Total Titulável 43

4.5.2 pH 43

4.5.3 Atividade de Água (Aw) 43

4.6 Análise Microbiológica 43

4.7 Vida de Prateleira 44

4.8 Análise Estatística 44

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 46
5.1. Desenvolvimento de Um Suplemento Alimentar Rico em Carboidratos à Base de Rapadura (“Gel de Carboidratos”) 46
5.2. Análise Sensorial 47
5.2.1. Escala Hedônica e Intenção de Compra 47
5.2.2. Análise Descritiva-Quantitativa (ADQ) 49
5.3. Composição Centesimal 51
5.4. Caracterização Físico-Química 55
5.5. Análise Microbiológica 57
6. CONCLUSÃO 59
REFERÊNCIAS 61
APÊNDICES 73

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O corpo humano engloba milhares de processos bioquímicos que refletem diversas faces de seu fenótipo metabólico. Esse, pode ser aprimorado com o intuito de aperfeiçoar o desempenho do atleta. Nesse cenário, a nutrição tem sido um dos métodos mais empregados por atletas para alimentar seus cérebros, ossos, músculos e sistema cardiovascular, a fim de viabilizar um alto rendimento (Costa *et al*., 2022).

A nutrição caracteriza-se como um processo importante na prática de exercícios porque, quando bem direcionada, pode reduzir a fadiga, possibilitando que o atleta treine por um maior período de tempo, além de auxiliar na recuperação entre os treinos. Vários nutrientes ofertam energia e regulam os processos fisiológicos associados às práticas desportivas, e por isso, torna-se interessante e de grande relevância relacionar e esclarecer as modificações dietéticas no que diz respeito ao aprimoramento do desempenho físico (Ferreira; Ribeiro; Soares, 2001).

Nesse âmbito, os macronutrientes (Carboidratos, Lipídios e Proteínas) são vistos como unidades fundamentais para o ser humano, uma vez que todos possuem a função comum de gerar energia para preservar as funções vitais do organismo, alguns com maior participação dependendo da condição do indivíduo, como por exemplo, em repouso e em diferentes domínios da intensidade do exercício. Nessa perspectiva, tem-se o carboidrato (CHO), um nutriente formado por moléculas de átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, que se apresenta como a principal fonte de energia para o organismo humano (Mcardle; Katch; Katch, 2011).

Entre as variáveis que podem interferir no desempenho de um atleta, os carboidratos (CHO) apresentam-se como um substrato energético de suma importância. Em regra, afirma-se que com a elevação gradual da intensidade do exercício, aumenta-se também o percentual de utilização do glicogênio muscular. Ademais, é sabido que a resistência aeróbia está intimamente associada às reservas de glicogênio muscular, e que exercícios longos e/ou de resistência não podem ser prosseguidos quando esses estoques estão em depleção (Bartlett; Hawley; Morton, 2015; Bompa; Buzzichelli, 2018; Cochran *et al*., 2015; Fransson *et al*., 2018).

Para um melhor desempenho físico, é imprescindível manter a glicose sanguínea dentro das concentrações ideais, a fim de garantir o aporte de energia durante o esforço, bem como evitar fadiga durante os períodos de maior intensidade. O monitoramento da resposta glicêmica durante o exercício, auxilia na organização das variáveis de intensidade e duração do exercício, permitindo assim, uma interpretação melhor por parte do treinador ou técnico desportivo, em

relação às respostas fisiológicas de seus atletas e seus respectivos volumes e intensidade de treinos (Bowtell, 2000; Azevedo *et al*., 2009).

A ingestão de CHO durante o exercício pode ser alcançada através de opções alimentares adequadas para o dia a dia ou alimentos esportivos comerciais – produtos alimentares especificamente formulados e comercializados para atletas. Por muito tempo, esses produtos de nutrição esportiva foram destinados e usados principalmente por atletas de elite. Nos dias atuais, seu uso é difundido em todos os níveis, inclusive entre atletas amadores e recreativos, juntamente com não praticantes de exercícios (Reinhard; Galloway, 2022).

Os produtos de nutrição esportiva ricos em CHO são comumente vendidos em formatos portáteis fáceis, como géis, mastigáveis, barras e sachês, projetados principalmente para atender às demandas de conveniência de atletas de esportes de resistência e de equipe e são frequentemente considerados de fácil digestão para apoiar o conforto intestinal (Reinhard; Galloway, 2022).

No entanto, ainda há uma alta demanda por produtos inovadores que utilizem matérias-primas regionais, que além de suas características nutricionais e seus possíveis benefícios, possibilitam a redução da quantidade de aditivos alimentares utilizados. A partir disso, diversos novos produtos vêm sendo desenvolvidos, com o intuito de melhorar o desempenho físico de atletas, quando comparados aos suplementos nutricionais tradicionais, tendo como exemplo atual, os géis de carboidratos (Baur; Saunders, 2020).

Por se tratar de um CHO simples, de concentração elevada, que normalmente contém algum sabor com a finalidade de aumentar sua aceitação, o suplemento alimentar em gel pode ser indicado para indivíduos que pratiquem exercício físico por períodos superiores à uma hora. Sua principal vantagem é determinada pela rápida absorção e liberação de energia, resguardando assim, a intensidade do treino com exigência cardíaca mais baixa e, consequentemente, prevenindo contra possíveis intercorrências que possam atrapalhar o rendimento (Lovato; Vuaden, 2015; Lima; Santos; Fanaro, 2020).

Portanto, é notório que existe uma deficiência no âmbito do desenvolvimento de suplementos esportivos formulados com matérias-primas regionais, e por isso, faz-se necessário novas pesquisas acerca dessa temática, levando-se em consideração a importância de promover evoluções constantes no campo físico-esportivo, bem como a acessibilidade e praticidade para com os atletas.

REVISÃO DE LITERATURA

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Suplementos Esportivos e Aptidão Física

O uso de substâncias exógenas ou compostos alimentares característicos, afim de maximizar o desempenho durante exercícios físicos, evoca os tempos antigos, em que esportistas gregos consumiam vísceras, com o objetivo de aumentar a força e a bravura. Nesse aspecto, a adoção de tais aspectos míticos e supersticiosos no planejamento alimentar, demonstrou o longo percurso que a nutrição esportiva ainda precisava seguir (Goston; Correia, 2009).

Os avanços técnico-científicos que ocorreram entre os séculos XX e XXI, proporcionaram um cenário ideal para o desenvolvimento de substâncias capazes de intensificar o desempenho do corpo humano. Estas, popularizadas como suplementos esportivos nos dias de hoje, foram idealizadas com o intuito de aumentar massa e força muscular, além de colaborar com a redução da gordura corporal (Ferreira *et al*., 2020).

De acordo com o Food And Drug Administration (FDA), os suplementos também podem ser definidos como produtos para consumo que contém um "ingrediente dietético" projetado para agregar valor nutricional (adicional) à dieta. Portanto, esses suplementos podem ser utilizados para diversos fins no contexto esportivo e podem ser categorizados de acordo com esse aspecto, como mostra a tabela 1 (FDA, 2019).

Tabela 1. Categorização de suplementos por uso

Categoria	**Definição**	**Exemplo**
Alimentos esportivos	Produtos especializados usados para fornecer uma fonte prática de nutrientes quando é impraticável consumir alimentos do dia a dia.	Bebidas esportivas, gel esportivo, farinha líquida, confeitaria esportiva, barra esportiva, proteína de soro de leite.
Suplementos medicinais	Utilizados para tratar problemas clínicos, incluindo deficiências nutricionais diagnosticadas.	Ferro, cálcio, multivitamínico/mineral, vitamina D, probióticos (intestinais/imunes).
Suplementos ergogênicos	Suplementos destinados à melhora do desempenho.	Cafeína, β-alanina, bicarbonato, nitrato (suco de beterraba), creatina.
Alimentos funcionais e superalimentos	Destinados à otimizar a saúde e o desempenho.	Ervas, algas marinhas, espirulina, alimentos

		orgânicos, fibras vegetais, sementes (sementes de chia), frutas alcalinas naturais, suco cru e extratos de frutas vermelhas (açaí, goji).
Outros suplementos	Inclui uma ampla variedade de extratos e concentrados de ervas e botânicos.	Suplementos para perda de peso (shakes, comprimidos), aumento de energia, aumento da libido, prevenção da queda de cabelo.

Fonte: FDA, 2019.

Os suplementos são produtos produzidos com a finalidade de complementar a dieta, podendo ser compostos por diversas vitaminas, minerais, produtos herbais, aminoácidos, enzimas e metabolitos. Logo, seu uso tornou-se uma estratégia amplamente utilizada por praticantes de atividades físicas, sobretudo, por aqueles praticam exercícios de alta intensidade (Nabuco; Ravagani; Rodrigues, 2016; Almeida; Ribeiro; Freitas, 2018).

No que concerne à regulamentação, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 243 de 26 de julho de 2018 e da Instrução Normativa (IN) nº 28 de 26 de julho de 2018, estabeleceu a categoria de suplementos alimentares, com a finalidade de garantir o acesso dos consumidores à bens seguros e de qualidade. Além disso, estabeleceu padrões mais adequados, como limites mínimos e máximos, indicações populacionais, componentes autorizados e alegações científicas validadas (Brasil, 2018b; Brasil, 2018a).

Embora alguns suplementos se assemelhem à "comida do dia a dia", estes diferem na medida em que podem ser compostos apenas por alguns nutrientes isolados, em comparação com os diversos nutrientes encontrados nos alimentos do cotidiano. Para tanto, o uso de novas tecnologias na área de alimentos e embalagens pode tornar os alimentos esportivos mais convenientes para transporte, armazenamento seguro, preparação e consumo, seja antes, durante ou depois de sessões de treinamento e/ou competições (Peeling *et al*., 2019).

Esses suplementos contêm ingredientes capazes de fornecer uma fonte lépida de nutrientes essenciais para a recuperação muscular, além de compostos que contribuem com o aperfeiçoamento do desempenho esportivo e, consequentemente, propiciam o aumento de

massa muscular. Por isso, atletas têm recorrido cada dia mais aos suplementos com o intuito de aprimorar a saúde e o desempenho físico, visando principalmente a redução dos danos musculares que podem sobrevir no decurso do exercício (Higgins; Izadi; Kaviani, 2020; Martinez-Ferran, 2020).

Dado exposto, uma boa composição corporal, isto é, uma proporção adequada de massa muscular e massa gorda, bem como a força muscular, são importantes tanto para atletas que visam um rendimento esportivo satisfatório, como para não atletas que buscam a boa forma, visto que estes fatores estão associados com uma boa saúde (Wolfe, 2006).

A utilização de suplementos esportivos vem se tornando cada vez mais comum à medida em que praticantes de exercício físico e atletas buscam por vias que viabilizem melhores rendimentos, ganho de saúde ou e boa forma corporal. Diferentes focos e metas fazem parte do cotidiano de muitas pessoas e por isso, o uso adequado dos suplementos ingeridos pode exercer uma grande influência sobre os resultados obtidos (Moreira; Navarro; Navarro, 2015).

A associação entre a prática de exercício e o consumo de suplementos nutricionais e seus efeitos sobre o desempenho físico vêm despertando o interesse de diversos grupos, visto que, a compreensão integral em relação aos suplementos e suas aplicações é essencial para identificar possíveis intervenções sobre os objetivos dos atletas, assim como de praticantes de exercícios físicos, e seus efeitos sobre a composição corporal (Neves *et al*., 2017; Nabuco; Ravagani; Rodrigues, 2016).

2.2 Metabolismo de Carboidratos

O corpo humano utiliza energia para produzir as contrações musculares durante exercícios físicos. Essa energia é proveniente de uma constante quebra e ressíntese de ligações químicas de uma substância chamada adenosina trifosfato (ATP). Para exercícios físicos prolongados como os exercícios aeróbicos, a oxidação metabólica de CHO e lipídios fornecerá quase todo o ATP necessário para a contração muscular. Já nos exercícios de alta intensidade como os exercícios de força, a oxidação será majoritariamente de carboidratos (Hargreaves; Spriet, 2020).

Os principais carboidratos digeríveis são provenientes dos cereais, tubérculos, leguminosas, frutas e açúcares. Estes, são categorizados em 5 classes principais (monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos), conforme seu grau de polimerização, número e distinções entre as ligações glicosídicas que unem as moléculas de

monossacarídeos (glicose, a frutose e a galactose), visto que essas são as menores unidades das cadeias e não podem sofrer hidrólise, tornando-se primordiais para a fomação da estrutura química dos carboidratos (Cozzolino; Cominetti, 2019).

Os dissacarídeos, por sua vez, são os açúcares formados pela ligação entre duas moléculas de glicose, formando a maltose, ou com os outros monômeros, como por exemplo, frutose e galactose, produzindo a sacarose e a lactose, respectivamente. Quanto aos oligossacarídeos, tem-se as dextrinas, que são geradas a partir da hidrólise do amido em cadeias menores. Ainda nesse contexto, como principal polissacarídeo menciona-se o amido (encontrado principalmente em cereais e tubérculos), originados através da união de cadeias de moléculas de glicose (Cozzolino; Cominetti, 2019).

A digestão dos carboidratos inicia-se na boca, onde a mastigação mistura o alimento com a saliva, possibilitando a ação da amilase salivar sobre o amido e a consequente quebra das ligações de glicose e os polissacarídeos de cadeia curta. No estômago, a digestão é desacelerada devido à inativação da amilase salivar pelo pH ácido do estômago, até que ocorra o esvaziamento gástrico e o bolo alimentar chegue ao duodeno, onde o bicarbonato de sódio e a amilase pancreática (presentes no suco pancreático), neutralizam a acidez e aumentam o pH, favorecendo assim a ação enzimática e prosseguimento da digestão do amido em maltose, quase que completamente (Rosa, 2021).

A digestão dos pequenos oligossacarídeos e dissacarídeos ocorrem exclusivamente no intestino delgado superior, através da ação das dissacaridases que agem de modo específico em conformidade com as unidades monossacarídeas constituintes. Nesta, ocorre a atividade das enzimas nas microvilosidades das células da mucosa intestinal, onde a lactase catalisa a quebra da lactose em glicose e galactose; a sacarase hidrolisa a sacarose obtendo glicose e frutose; a maltase e a isomaltase hidrolisam a maltose e a isomaltose em duas moléculas de glicose. (Ross *et al.*, 2016).

A absorção dos carboidratos pelo trato intestinal só ocorre após sua hidrólise até as unidades de monossacarídeos constituintes no intestino delgado, para então serem absorvidos pelas células da mucosa por meio dos mecanismos de transporte correspondentes na borda em escova. A glicose e a galactose são absorvidas por transporte ativo e difusão facilitada, ao tempo que a frutose é absorvida por difusão facilitada por meio do GLUT5. Os monossacarídeos necessitam então, permear a membrana basolateral dos enterócitos para serem transportados

pelos capilares até a veia porta e encaminhados ao fígado, onde serão metabolizados conforme as necessidades do organismo (Nelson; Cox, 2018).

Enquanto a frutose e a galactose são absorvidas e metabolizadas pelo fígado, apenas uma parte da glicose é retida nesse órgão, sendo a maior parte exportada para a circulação sistêmica. A galactose é amplamente transformada em glicose e armazenada como glicogênio, enquanto a frutose é quebrada para suprir a demanda energética do fígado, sendo seu excesso convertido em triacilglicerol e distribuído para os tecidos adiposo e muscular. A glicose retida pode ser utilizada como fonte de energia, armazenada como glicogênio hepático ou ainda liberada na corrente sanguínea, podendo ser capturada pela musculatura esquelética através do transportador GLUT4, o qual depende de insulina. Já no músculo, a glicose pode ser armazenada como glicogênio muscular ou utilizada para gerar energia (Gropper; Smith; Carr, 2021).

A energia obtida através da quebra da glicose que é transportada pelo sangue e do glicogênio muscular, ativa os componentes contráteis do músculo, bem como outros tipos de processos biológicos. Portanto, o consumo diário adequado de CHO para pessoas fisicamente ativas, mantém as reservas de glicogênio relativamente baixas. Quando as células atingem sua capacidade máxima de armazenamento do glicogênio, os açúcares em excesso são convertidos em gordura e, seguidamente armazenados. Ademais, a ingestão habitual de carboidratos auxilia ainda na preservação das proteínas teciduais (Mcardle; Katch; Katch, 2016).

Após a ingestão de carboidratos, e a quebra em seu componente menor, a glicose, parte desta permanece no sangue (3 g; 12 kcal) e é absorvida pelos tecidos (quando indispensável), já outra parte desta glicose é capturada pelo fígado e armazenada na forma de glicogênio (100 g; 400 kcal), assim como ocorre no músculo esquelético (400 g; 1.600 kcal para 80 kg, aproximadamente) (Azevedo *et al*., 2009).

Para que esta glicose seja absorvida pelos tecidos, é necessária a presença do hormônio insulina, que se liga à seu receptor específico. Quando essa ligação ocorre, há uma série de eventos intracelulares que propiciam a translocação de um transportador de glicose para a membrana celular (Pauli *et al.*, 2009).

Estes transportadores, conhecidos como “GLUT”, possuem múltiplas isoformas e estão presentes em diferentes tecidos. Após a inserção destes na membrana celular, há influxo de glicose devido ao seu gradiente de concentração, fazendo com que esta seja rapidamente fosforilada à glicose-6-fosfato (G-6-P), reação catalisada pela enzima hexoquinase. Essa etapa

é fundamental para que a molécula de glicose fique aprisionada dentro da célula, como também para permitir sua maior entrada. Após a conversão de glicose para G-6-P, esta é estocada na forma de glicogênio, num processo chamado de glicogênese (Pauli *et al*., 2009).

Durante a atividade física, predomina a degradação do glicogênio, processo chamado de glicogenólise. À medida que a captação de glicose pelo músculo esquelético aumenta, a glicemia diminui, levando o fígado a liberar glicose na corrente sanguínea. Este ajuste da glicemia é realizado pela degradação de glicogênio à G-6-P, que por sua vez é desfosforilado pela enzima glicose-6-fosfatase, encontrada apenas no fígado (Ropelle; Pauli; Carvalheira, 2007).

Ainda, as reservas de glicogênio muscular são limitadas e a redução de seus estoques está relacionada à fadiga, o que resulta em diminuição de rendimento físico, menor capacidade de concentração e maior percepção de esforço. À vista disso, torna-se necessário a suplementação de carboidratos durante os treinos e competições de resistência (Arent *et al*., 2020).

O índice glicêmico (IG) pode ser um método que auxilia na manutenção de taxas mais altas de glicose no plasma, ao tempo que impede a superprodução de insulina, mantendo assim, os estoques de glicogênio por mais tempo. O IG de um alimento é determinado pela resposta glicêmica, duas horas após a ingestão do alimento contendo geralmente 50g de carboidrato e dividido pelo índice glicêmico de um alimento referência composto pela mesma quantidade de CHO (pão branco ou glicose) e multiplicado por 100 (Durkalec-Michalski *et al*., 2018).

2.3 Carboidratos e Exercício Físico

Os avanços no conhecimento da fisiologia do exercício, demonstram por meio de novas técnicas, como o exercício ativa vias regulatórias celulares, moleculares e bioquímicas em função da adaptação de resposta de treinamento, resultando assim, em um efeito “poupador” de glicogênio muscular (Hawley *et al*., 2014; Osler *et al*., 2015).

A primeira pesquisa conhecida, a abordar a importância da glicose como fonte vital de energia para atletas praticantes de exercícios de longa duração é datado de 1924, com descrição de hipoglicemia associada à fadiga. Desde então, diversos estudos confirmam a hipótese de que a glicose é um macronutriente obrigatório para a manutenção do desempenho atlético a longo prazo (Lancha Jr; Rogeri; Pereira-Lancha, 2018).

O nível de glicose no sangue é impactado principalmente pelo tipo de carboidrato presente nos alimentos, especialmente pela sua absorção intestinal e subsequente oxidação no fígado ou nos músculos. Dessa forma, podemos considerar carboidratos lentos, ou seja, com uma taxa de oxidação de até 0,6 g/min, a frutose, galactose, isomaltulose, amilose (amido) e trealose, e carboidratos rápidos, ou seja, com oxidação de até 1 g/min, a glicose, sacarose, maltose, maltodextrina (polímeros de glicose) e amilopectina (amido) (Burke; Deakin, 2015).

Quando uma dieta com alto teor de carboidrato é ingerida imediatamente após um exercício prolongado, a reposição de glicogênio muscular pode ser triplicada para valores de 6-7 µmol/g de peso por hora. Enquanto que o retardamento no consumo de carboidrato, mesmo por duas horas, pode impedir que taxas máximas de resistência ocorram, resultando em menos tempo para a recuperação dos atletas e, consequentemente mais cansaço para o próximo exercício (Doering *et al*., 2016; Lee *et al*., 2017)

Pesquisas apontam que dietas com alto teor de gordura e baixo teor de CHO não economizam glicogênio muscular e nem melhoram o desempenho ou treinamento atlético, mas afetam de forma direta as altas taxas de glicogenólise muscular, que são um pré-requisito necessário para um desempenho de resistência bem-sucedido. No período mais longo, observou-se fraqueza generalizada, capacidade de regeneração reduzida, cansaço, fadiga e aumento do risco de lesão, além fraqueza e fadiga inicial durante aproximadamente duas a três semanas da fase de adaptação (Hawley; Leckey, 2015; Leckey *et al*., 2016; Volek; Noakes; Phinney, 2015).

Estudos que propõem métodos focados na ingestão de CHO *versus* a ingestão de placebo (água) anterior ao exercício, com o propósito de elevar o desempenho atlético (distância e tempo), apontam que o consumo de carboidrato em duração, concentrações, intensidade e períodos distintos de exercício, promoveu uma potencialização da performance em relação a ingestão do placebo (água) (Fontan; Amadio, 2015).

Dessa forma, os carboidratos presentes na dieta podem potencializar o desempenho em modalidades esportivas de resistência, pois constituem o principal substrato energético dos músculos em intensidade moderada a alta. As pesquisas ainda são escassas no que se refere às necessidades de carboidratos para atividades de força, mas vale ressaltar que o treinamento de resistência possui características metabólicas distintas do treinamento de força, estimulando diferentes adaptações e, por isso, pode exigir necessidades específicas de carboidratos (Hughes; Ellefsen; Baar, 2018).

Ao longo do tempo, a literatura científica tem enfatizado o interesse na ingestão de carboidratos (CHO) para melhorar o desempenho durante exercícios de resistência, particularmente em exercícios de intensidade moderada (60-75% do consumo máximo de oxigênio, VO_{2max}) com duração superior a 1h30-2h. Durante esse tipo de exercício, o carboidrato é o substrato metabólico principal oxidado e se tornam um fator limitante, uma vez que os estoques de glicogênio muscular se esgotam após 90 minutos de exercício. Por isso, sugere-se que a ingestão de CHO, provenientes de diferentes tipos (glicose, maltodextrina e frutose) e formas (sólidas, líquidas e géis), possa retardar e reduzir a fadiga através de vias metabólicas. Esses benefícios são atribuídos à preservação do glicogênio no fígado, retardando a sua depleção muscular e aumentando a taxa de oxidação (Jeukendrup; Rollo; Carter, 2013).

A recomendação nutricional atual é a ingestão de carboidratos durante exercícios prolongados, especialmente quando os estoques de glicogênio estão reduzidos, a fim de sustentar o desempenho aeróbico submáximo. O consumo de carboidratos antes e durante o exercício aeróbico permite a utilização dos carboidratos provenientes da alimentação (exógenos), reduzindo a dependência dos carboidratos armazenados no corpo (endógenos), poupando assim, os estoques de glicogênio (Thomas; Erdman; Burke, 2016).

Sabe-se que durante a prática de exercício físico há uma demanda de energia adequada, sendo a principal fonte de energia, os carboidrato, que podem estar presentes no sangue ou armazenados nos músculos e no fígado. Portanto, à depender da rotina de treinamento e/ou competição, o indivíduo pode necessitar de uma quantidade maior de energia, seja antes, durante ou após o exercício físico. Assim, devido à incumbência de suprir essa necessidade, tornou-se comum o consumo de suplementos alimentares nas diferentes fases do exercício, seja na forma de energéticos, géis, barras ou balas (Fontan; Amadio, 2015).

Para atender às diversas necessidades dos praticantes, é fundamental considerar a frequência e o volume de treinamento, os horários em que a atividade é realizada, bem como a composição das refeições ingeridas. À visto disso, praticantes com rotinas de treinamento seguidas por um curto intervalo de tempo podem obter benefícios ao combinar carboidratos simples de alto índice glicêmico (IG), visto que estes propiciam uma rápida reposição de glicogênio. Já aqueles com sessões de treinamento com intervalos maiores podem ter melhores resultados com carboidratos de baixo IG, pois estes irão proporcionar maior estabilidade glicêmica, além de saciedade. (Jeukendrup, 2014).

O IG é uma medida que classifica os carboidratos de acordo com a rapidez com que eles elevam os níveis de glicose sanguínea após o consumo. Alimentos com IG alto são digeridos e absorvidos rapidamente, provocando uma elevação acentuada e acelerada da glicemia, enquanto que alimentos com IG baixo sofrem esse processo de forma mais lenta, acarretando em um aumento gradual e controlado da glicemia. Por outro lado, a carga glicêmica (CG) é um parâmetro que considera tanto o IG quanto a quantidade de carboidratos presentes em uma porção do alimento ingerido. Esta, é calculada multiplicando-se o IG do alimento pela quantidade de carboidratos existentes na porção e dividindo-se por 100. No campo esportivo, a compreensão sobre o IG e CG dos alimentos é essencial para otimizar a síntese de glicogênio muscular e aprimorar o desempenho físico (Jagim *et al*., 2023).

Durante os exercícios de alta intensidade, os carboidratos são a principal fonte de energia, sendo o glicogênio muscular a principal fonte desse carboidrato utilizado. Isso ocorre devido ao aumento na ativação das fibras musculares de contração rápida nesse tipo de atividade, as quais são especializadas no processo do metabolismo glicolítico. Além disso, há um aumento dos níveis de epinefrina no sangue, que aumenta a taxa de degradação do glicogênio muscular, elevando assim a disponibilidade de substrato para a glicólise e a produção de lactato (Powers; Howley, 2017).

Nesse sentido, o glicogênio é considerado uma fonte energética crucial durante o exercício, enquanto que a fadiga muscular está relacionada de forma direta à depleção de glicogênio. Dessa forma, entende-se que estimular a reposição de glicogênio após o exercício é importante para potencializar o desempenho do indivíduo no exercício, e que para tanto, o consumo de carboidratos é primordial, visto que este contribui para a regeneração do glicogênio muscular e estimula a produção de insulina, responsável pelo processo de absorção de glicose (Takahashi, 2021).

2.4 Suplementação de Carboidratos

Desde o início do século XX, sabe-se que os carboidratos (CHO) são necessários como substratos energéticos para o desempenho esportivo, principalmente em exercício de longa duração (*endurance*). Considerando que os estoques de CHO endógenos são limitados e que a baixa disponibilidade deste nutriente pode impactar negativamente no desempenho em atividades de *endurance*, torna-se essencial a adoção de estratégias adequadas para o consumo deste micronutriente antes, durante e após os treinos/competições (Beelen; Cermak, 2015).

De acordo com a diretriz da Sociedade Brasileira de Medicina do Exercício e do Esporte, estima-se que a ingestão de carboidratos equivalente a 60 a 70% da ingestão calórica diária, seja suficiente para as necessidades de um treinamento esportivo. Em atividades prolongadas, é necessário o consumo entre 7-8g/kg de peso ou 30 a 60g de carboidrato, para cada hora de exercício, afim de prevenir a fadiga, hipoglicemia e depleção de glicogênio. Quando se busca uma boa recuperação muscular, a ingestão de carboidratos recomendada fica entre 5 e 8g/kg de peso/dia (SBMEE, 2009).

O uso de carboidratos como recurso ergogênico prévio à atividade física, com a finalidade de potencializar o desempenho esportivo, é indicado como substrato determinante no aumento da performance. Para mais, estudos confirmam os efeitos positivos da suplementação de CHO em exercícios de alta intensidade (75% VO_{2max}), com duração aproximada de 60 minutos, com visível melhora no desempenho dos atletas (Fontan; Amadio, 2015; Beelen; Cermak, 2015).

As necessidades de carboidratos para atletas de resistência pode ser um assunto controverso, frequentemente resultando em debates acalorados e, por vezes, conflitantes sobre a ingestão ideal entre a comunidade médica e de condicionamento físico. A posição conjunta da Academia de Nutrição e Dietética, Dietistas do Canadá e do Colégio Americano de Medicina Esportiva, sugere que o exercício moderado (1 h/dia) demande 5-7 g por quilograma de peso corporal por dia (g/kg/dia) de carboidratos, enquanto exercícios de intensidade moderada a alta (1-3 h/dia) requerem 6-10 g/kg/dia. Atletas de ultra resistência com um comprometimento extremo com a atividade diária (4 a 5 horas de exercícios de intensidade moderada a alta todos os dias) podem necessitar de 8 a 12 g/kg/dia de carboidratos (Jäger *et al*., 2017).

Ao se exercitar com intensidade moderada ou alta, os carboidratos são a principal fonte de energia e a redução do glicogênio é um fator importante que limita o desempenho. Se o objetivo é alcançar um bom desempenho durante o treino ou competição, é recomendado consumir a quantidade ideal de carboidratos antes e durante o exercício. Para isso, é necessário ingerir de 1 a 4 gramas por quilo de peso corporal de carboidratos com baixo índice glicêmico de 1 a 4 horas antes do exercício, e no máximo 90 gramas por hora de carboidratos. Além disso, para uma reposição ideal do glicogênio, é necessário consumir diferentes quantidades de carboidratos com alto índice glicêmico (1 grama por quilo de peso corporal por hora) nas 2 a 4 horas após o treino. Para esse efeito, também é recomendado aumentar a ingestão diária de

carboidratos (10 gramas por quilo de peso corporal) no dia (24-36 horas) antes de uma competição, sempre que possível (Mata *et al.*, 2019).

A nutrição esportiva é considerada o fator complementar mais importante para auxiliar na prática de exercício físico, tanto para atletas de alto nível, quanto para qualquer indivíduo fisicamente ativo. Para tanto, a conduta nutricional adequada ajuda na capacidade de treinar com intensidade, assim como auxilia na recuperação muscular e adaptações metabólicas resultantes da prática de exercícios físicos. Esta, deve ser idealizada de acordo com as necessidades específicas do esporte, os objetivos e aspectos práticos da vida do atleta (Desbrow, *et al*., 2020; Abreu, *et al*., 2021).

As organizações internacionais "American College of Sports Medicine", "Academy of Nutrition and Dietetics" e "Dietitians of Canada", apresentam algumas recomendações para o consumo de carboidratos, que podem ser aplicadas à diferentes modalidades de exercício, levando em consideração a duração e intensidade dos treinos. Nestas, a ingestão mínima é de 3 gramas/kg de peso corporal/dia e a ingestão máxima de 12 gramas/kg de peso corporal/dia (ACSM, 2006), conforme explana a Tabela 2.

Tabela 2. Síntese das recomendações diárias de ingestão de carboidratos para diferentes modalidades de exercício

Intensidade Do Exercício	Tipo de Exercício e Duração	Recomendações Diárias
Leve	Exercícios de intensidade baixa ou atividade baseadas em habilidades.	3-5 gramas/kg de peso
Moderada	Programa de exercícios de intensidade moderadas (até 1 hora por dia).	5-7 gramas/kg de peso
Alta	Programas de *endurance* (1 a 3 horas/dia, moderada-alta intensidade).	6-10 gramas/kg de peso
Muito Alta	Exercícios de "extremo comprometimento" (> 4 a 5 horas/dia, moderada-alta intensidade).	8-12 gramas/kg de peso

Fonte: Adaptado de Thomas; Erdman; Burke, 2016.

Para o pré-treino, é recomendado ingerir carboidratos com índice glicêmico baixo a moderado, pois os carboidratos com alto IG são digeridos rapidamente e não mantêm os níveis glicêmicos adequados por longos períodos de tempo. Já no pós-treino, é torna-se mais vantajoso

o consumo de carboidratos de alto IG, principalmente para atletas com treinos com intervalos curtos, visto que este tipo de carboidrato estimula a síntese de glicogênio de maneira mais rápida e otimiza o processo de recuperação (Thomas; Erdman; Burke, 2016; Casazza *et al.*, 2018).

Desta forma, a ingestão adequada de carboidratos durante os treinos é primordial, dependendo de sua duração e intensidade. Uma das principais vantagens do consumo de carboidratos durante o exercício é a manutenção da glicemia, pois permite que a glicose sanguínea mantenha a demanda energética dos músculos por um período alongado, podendo assim, reduzir a taxa de depleção do glicogênio, bem como aumentar a capacidade de se manter em atividade (Costa *et al*., 2016).

Quanto mais prolongada for a atividade física, maior será a utilização de substratos. Por isso, quando o tempo de atividade física é superior a 2 horas, a suplementação de carboidrato é crucial para manter o desempenho dos atletas. Vale ressaltar que os estoques de glicogênio e a manutenção da glicemia são fatores decisivos para essa execução. Contudo, atletas que praticam atividades físicas extenuantes, mesmo que de curta duração, podem apresentar melhora no desempenho, após a suplementação de carboidratos (Lancha Jr *et al*., 2018).

Entretanto, a ingestão desses suplementos deve estar correlacionado ao treinamento correto para que haja adaptações metabólicas fundamentais para cada modalidade. Deste modo, compreender as implicações metabólicas de cada modalidade esportiva é impreterível para que haja uma prescrição apropriada do tipo de suplemento, da quantidade e do momento em que deve transcorrer a suplementação (pré, pós e/ou durante o exercício), observando sempre os objetivos o atleta pretende atingir no que concerne ao desempenho e composição corporal (Lancha Jr *et al*., 2018).

À vista disso, o suplemento de carboidrato em forma de gel oferece assistência nutricional eficiente, tornando-se mais uma alternativa para minimizar problemas enfrentados durante o treinamento aeróbio de longa duração e na própria competição, como por exemplo a portabilidade e digestibilidade. Nesse contexto, o suplemento de carboidrato pode ser proveitoso, uma vez que a ingestão do mesmo durante a prova impede o quadro de hipoglicemia, mantendo assim a intensidade do exercício (Campbell *et al*., 2008; Jeukendrup *et al*., 2006).

2.5 Rapadura

Conforme o regulamento técnico para açúcares e produtos adoçantes, a RDC nº 271, de 22 de setembro de 2005, a rapadura é um produto sólido, obtido através da concentração do caldo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), caraterizado por seu sabor doce e, por vezes, pela adição de outros ingredientes, mas que não descaracterizam o produto. O termo rapadura deriva da palavra "raspadura'', devido ao fato das espessas camadas de açúcar que ficam aderidas às tachas durante a fabricação nos engenhos serem raspadas (Brasil, 2005; Oliveira, 2007).

Já segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), define-a como um açúcar não centrifugado (ANC), artesanal, extraído do caldo de cana-de-açúcar concentrado e solidificado em blocos por resfriamento. Em virtude de não sofrer refinamento como o açúcar branco, o ANC possui todos os minerais originalmente presentes no caldo. Esta terminologia (ANC), pode variar de um país para outro, podendo ser conhecido por seus consumidores como *"panela", "piloncillo", "papelón", "chancaca", "empanizao"* ou *"tapa de Dulce".* Já no Brasil, o ANC é popularmente chamado de "rapadura" (Jaffé, 2015; Joseph, 2017).

Possui um valor nutricional significativo, inclusive é utilizada como parte da merenda escolar em algumas regiões do Brasil. É produzida em tabletes, com pesos e tamanhos variados, de acordo com o mercado e a necessidade do consumidor, além disso, pode ser produzida e consumida pura ou em combinação com frutas ou amêndoas, em proporções ajustadas pelo fabricante. Em média, a cada tonelada de cana-de-açúcar é possível extrair 500 litros de caldo, que podem render de 70 a 100 kg de rapadura, dependendo da composição e do teor de sacarose (Jeronimo, 2018).

A rapadura começou a ser fabricada quando os primeiros engenhos foram introduzidos no país, tornando-se a principal fonte de trabalho e renda para as cidades que os possuíam no século XVIII. Embora tenha havido o uso de trabalho escravo na época, é possível enxergar essa realidade de outra maneira atualmente, uma vez que o conhecimento adquirido foi transmitido de geração em geração e hoje é a principal fonte de sustento para os pequenos agricultores (Oliveira, 2016).

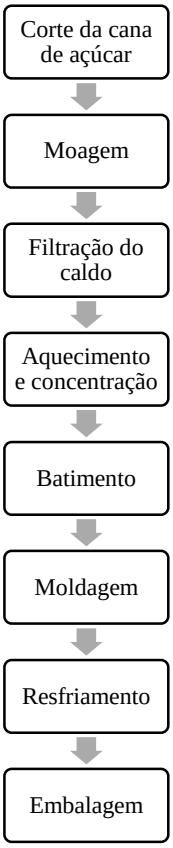
Engenho pode ser definido como uma propriedade agrícola onde a cana-de-açúcar é cultivada e são produzidos derivados como açúcar e álcool. Inicialmente, os engenhos focavam principalmente na produção de açúcar, porém, devido à dificuldade de exportá-lo para o

mercado externo, começaram também a fabricar rapadura, que se tornou o principal produto comercializado, devido à sua facilidade de transporte em pequenas ou grandes quantidades (Cavalcante, 2019).

A produção de rapadura ocorre em mais de 30 países, com destaque para a Índia, responsável por 67% de toda a produção mundial. Já a Colômbia se destaca como o maior consumidor do mundo, com aproximadamente 32 quilos por habitante, por ano. O Brasil, por sua vez, é o sétimo maior produtor de rapadura do mundo, com 80 mil toneladas e consumo de 1,4 quilo por ano/habitante. Nesse âmbito, a Região Nordeste se destaca como a maior produtora de rapadura, graças ao gosto dos nordestinos por suas propriedades nutritivas e à fácil disponibilidade, principalmente nas áreas rurais, onde pequenos engenhos são comuns (Sakai, 2023).

O processo de produção artesanal de ANC se dá pelo corte da cana-de-açúcar e posterior moagem para obtenção do caldo. Em seguida, este caldo é peneirado para a remoção de impurezas. Mais adiante, o caldo tratado é então aquecido em tachos, viabilizando a evaporação de água e concentração do produto. A fase seguinte é chamada de batimento, que corresponde a agitação da massa com pás de madeira numa bacia, de material idêntico, para que a aeração propicie a formação dos cristais de açúcar, além da aquisição de porosidade (encarregado de amaciar a textura do produto). Imediatamente, procede-se a moldagem em formas de diferentes materiais, incluindo papel, plástico ou madeira. E assim, o produto é conservado sob ventilação para resfriamento até que seja desenformado e embalado para comercialização (Joseph, 2017). As etapas estão ilustradas no fluxograma a seguir.

Figura 1. Etapas do processo de produção



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Durante a produção da rapadura, a organização estrutural do ambiente é extremamente importante. Os produtores precisam compreender a capacidade do engenho para gerar o produto final, e, por isso, devem administrar a quantidade de matéria-prima que é recebida para a produção, evitando que a cana cortada precise ser armazenada ou fique esperando por longos períodos de tempo, visto que essa condição pode prejudicar a qualidade do produto final através de fermentações indesejadas (Macedo, 2008).

O potencial produtivo da cana-de-açúcar e o papel fundamental de seus produtos fazem dessa cultura uma das atividades mais importantes da agroindústria nacional. Além disso, ainda possui um grande potencial para pequenas propriedades, agregando valor à produção agrícola artesanal, por meio de seus derivados como o açúcar mascavo, a cachaça, a rapadura e o melado, apresentando elevada importância econômica (Jeronimo; Pinotti; Arruda *et al*., 2020).

Além de converter-se na sobremesa preferida dos nordestinos por seu sabor dulcíssimo e preço acessível, a rapadura é um alimento amplamente consumido há muitos anos devido ao

seu valor energético, tornando-se popular na dieta sertaneja. Nos dias atuais, a rapadura vem sendo incluída em cardápios de dietas saudáveis no Brasil, devido ao fato de suprir as necessidades nutricionais básicas do ser humano, sendo bastante consumida por atletas e esportistas (Reis *et al*., 2020).

De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), cada 100 g de rapadura contém 368 Kcal de valor energético, 0,67 g de proteínas, 90 g de carboidratos, 0,63 g de lipídios e não possui fibra alimentar e colesterol. Alguns estudos já apontam que a rapadura possui elementos essenciais ao organismo humano, tanto orgânicos quanto minerais, o que a classifica como um alimento saudável, sem aditivos e com componentes minerais fundamentais para uma nutrição equilibrada (TACO, 2023; Braun *et al*., 2016).

Contém minerais, como potássio, cálcio e ferro, componentes relevantes com efeitos significativos sobre a saúde. Além disso, possui fenólicos, aminoácidos, vitaminas, bem como propriedades antioxidantes. Dado exposto, a rapadura tem despertado a atenção como um alimento funcional promissor, devido às suas propriedades nutricionais e funcionais, embora não seja tão explorada como outros alimentos (Flórez-Martínez *et al*., 2021; Jaffé, 2015, Velásquez *et al*., 2019, Vera-Gutiérrez *et al*., 2019).

OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um suplemento alimentar em gel à base de rapadura, bem como avaliar sua composição centesimal e características físico-químicas.

3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar uma formulação em gel rica em carboidrato à base de rapadura e com teor considerável de sódio;
- Verificar a aceitação sensorial e intenção de compra do suplemento alimentar em gel à base de rapadura;
- Realizar a análise descritiva-quantitativa (ADQ) do suplemento alimentar em gel à base de rapadura;
- Avaliar a composição centesimal do suplemento alimentar em gel à base de rapadura e de uma marca comercial de um suplemento alimentar em gel sabor caramelo;
- Comparar as características físico-químicas do suplemento alimentar em gel à base de rapadura e de uma marca comercial de um suplemento alimentar em gel sabor caramelo;
- Examinar os aspectos microbiológicos do suplemento alimentar em gel à base de rapadura e de uma marca comercial de um suplemento alimentar em gel sabor caramelo;
- Estabelecer a vida de prateleira do suplemento alimentar em gel à base de rapadura.

METODOLOGIA

4. METODOLOGIA

4.1 Aquisição e Preparo da Matéria-Prima

Visando a padronização da matéria-prima, esta foi adquirida de um único fornecedor da cidade de Inhuma-PI. Essa escolha seu deu pelo fato da cidade apresentar grande destaque na produção artesanal de rapadura.

Figura 2. Matéria-prima utilizada como base para o desenvolvimento do suplemento alimentar em gel



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Após a aquisição, as amostras foram acondicionadas em caixas de plástico fechadas e transportadas para o Laboratório Bromatologia e Bioquímica de Alimentos (LABROMBIOQ), do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Piauí (UFPI), onde foram armazenadas em temperatura ambiente até o momento das análises.

A preparação da matéria-prima ocorreu através da raspagem, homogeneização e armazenamento, com o auxílio de utensílios e materiais de laboratório, tais como: faca, colher, espátula, béquer e embalagem zip lock.

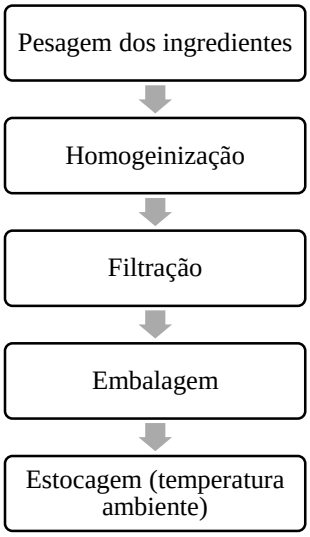
4.2 Desenvolvimento de Um Suplemento Alimentar Rico em Carboidratos à Base de Rapadura ("Gel de Carboidratos")

O produto foi desenvolvido de acordo com as normativas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, como a RDC nº 243 de 26 de julho de 2018 (Brasil, 2018b), que dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares; RDC nº 331 de 23 de dezembro de 2019, que dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação (Brasil, 2019a); IN nº 28 de 26 de julho de 2018, que estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares (Brasil, 2018a) e a IN nº 60, de 23 de dezembro de 2019, que estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos (Brasil, 2019b).

As matérias-primas empregadas na formulação do suplemento foram cloreto de sódio, citrato de sódio e água mineral, acrescidos da matéria-prima principal, a rapadura. Posteriormente, após pesagem, os ingredientes foram homogeneizados para incorporação dos mesmos. Todos os ingredientes eram de grau alimentício.

O desenvolvimento ocorreu no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos do Departamento de Nutrição e no Laboratório Bromatologia e Bioquímica de Alimentos da UFPI. Após a produção, o conteúdo total foi encaminhado à uma farmácia de manipulação, que ficou responsável pelo envasamento dos géis em sachês laminados, contendo em média, 15 gramas cada.

Figura 3. Fluxograma do desenvolvimento do suplemento alimentar em gel à base de rapadura



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

4.3 Análise Sensorial

4.3.1 Escala Hedônica e Intenção de Compra

A análise sensorial do suplemento alimentar em gel à base de rapadura ocorreu durante a 5ª edição do evento "Caldeirão Ride Challenge", competição destinada à atletas das modalidades *Mountain Bike* e *Trail Run*. A amostra foi composta por 105 assessores não treinados (corredores e ciclistas) que consumiam ou já tinham consumido suplementos de carboidratos na forma de gel, de ambos os sexos, saudáveis, com idades entre 18 e 50 anos e que apresentaram interesse em participar da pesquisa.

Foi entregue, inicialmente, para cada voluntário o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), da Universidade Federal do Piauí (Número do Parecer: 6.494.663) em novembro de 2023, onde foi informado o propósito da pesquisa, a composição do produto e os contatos dos pesquisadores, atendendo à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde – CNS.

O suplemento à base de rapadura foi servido aos julgadores à temperatura ambiente, em sua embalagem original (sachê). Para tanto, foi aplicado o teste de aceitação com Escala Hedônica estruturada (Apêndice B), onde aos extremos havia os termos ''1- desgostei muitíssimo'' e ''9- gostei muitíssimo''. Com o intuito analisar as características e a aceitação da amostra, os atributos avaliados foram aparência, aroma, sabor, consistência e qualidade global. Em seguida, nessa mesma ficha de avaliação sensorial foi aplicado o teste de Intenção de Compra (Apêndice C), com escala estruturada de 5 pontos (Dutcosky, 2013).

4.3.2 Análise Descritiva-Quantitativa (ADQ)

À priori foi realizado o recrutamento e pré-seleção dos assessores treinados, bem como o desenvolvimento das terminologias descritivas, isto é, a seleção dos termos a serem utilizados na ficha de avaliação das amostras. Os assessores foram selecionados de acordo com a disponibilidade do quadro de treinados do LABROMBIOQ e com base em seus poderes discriminativos, a fim de formar uma equipe homogênea.

Para a avaliação e caracterização do produto, foi utilizada a escala não estruturada de 15 cm (Apêndice D) com marcações nos extremos esquerdo (menos intenso) e direito (mais intenso). As amostras foram apresentadas a cada assessor da equipe de forma individual, em sua embalagem original (sachê) para os atributos descritivos de aparência, aroma, sabor doce,

cor e corpo. Ainda, foram disponibilizados copos de plásticos descartáveis, em caso de necessidade para avaliação de algum dos atributos mencionados.

4.4 Composição Centesimal

Para avaliação da composição centesimal, o produto foi submetido, em triplicata, às seguintes análises: umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos, segundo AOAC (2005).

4.4.1 Umidade

As cápsulas utilizadas foram secadas, em estufa à 105ºC, até atingir peso constante. Depois, pesou-se 10 gramas da amostra (proveniente do processo de redução) em cápsula de porcelana previamente tarada. Em seguida, levou-se à estufa à 105ºC durante 24 horas, para que o material fosse dessecado até peso constante. Logo após, as amostras foram levadas ao dessecador até diminuição da temperatura (30 minutos). Posteriormente ao resfriamento, estas foram pesadas em balança analítica. Para obtenção dos resultados, relacionou-se a perda de peso para 100 g da amostra, utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Umidade (\%)} = 100xN/P$$

N= n° de gramas de umidade (peso da amostra – o peso restante)

P= n° de gramas da amostra

4.4.2 Cinzas

Os cadinhos foram separados e identificados com lápis na parte posterior. Em seguida, ligou-se a balança analítica e separou-se o dessecador. O forno mufla foi ligado e aqueceu-se os cadinhos por 1 hora à 550°C. Posteriormente, esses foram resfriados em dessecador (40 minutos) até atingir temperatura ambiente, para então serem pesados. Depois desse processo, pesou-se de 3 gramas da amostra em cada cadinho, que foram carbonizadas (queima da matéria orgânica) em bico de Bunsen com tripé e tela de amianto (aproximadamente 250°C) até parar de sair fumaça. Em seguida, essas foram incineradas no forno mufla por 24 horas, até a eliminação completa do carvão. Após esse período, os cadinhos foram resfriados em dessecador por 40 minutos (até atingirem temperatura ambiente) e, seguidamente, pesados.

Para determinar o valor de cinzas, aplicou-se a fórmula:

Teor de cinzas (%) 100 x N/P

N= n° de gramas de cinzas

P= n° de gramas da amostra

4.4.3 Lipídios

Aplicando o método de *Soxhlet*, separou-se e identificou-se os tubos coletores. Em seguida, ligou-se a estufa (105°C) e a balança analítica. Colocou-se os tubos na estufa por 1 hora à 105°C e, após atingido o tempo, retirou-se os tubos e colocou-se em dessecador, para resfriamento. Durante o período de espera, preparou-se o papel filtro preenchendo o fundo com algodão. Pesou-se 3g da amostra (amostra seca proveniente da análise de umidade), que foi colocada no cone e encaixada nos cartuchos. Seguidamente, cobriu-se a amostra com mais algodão para não ocorrer perdas durante o processo de extração e acoplou-se no aparelho extrator. Fechou-se o aparelho e adicionou-se pela torneira 100 mL de hexano, deixando o cartuxo um pouco acima do solvente. A torneira de entrada foi fechada com 3 voltas para ocorrer o refluxo do solvente.

Em seguida, ligou-se a torneira de água e o aparelho deixando a temperatura entre o n° 5 e 6, com gotejamento contínuo e intermitente do solvente. Após 6 horas, a torneira de entrada do solvente foi fechada para haver o refluxo e as amostras foram elevadas. Novamente, ligou-se a estufa (105°C) e a balança analítica. Assim que o reagente evaporou quase por completo, retirou-se os tubos coletores, que foram colocados na estufa entreaberta por 10-15 minutos para finalização da evaporação do solvente. Após esse tempo, a estufa foi fechada. Depois de 1 hora, os tubos foram retirados e colocados no dessecador por 30 minutos para resfriamento e posterior pesagem.

Nesta, utilizou-se a fórmula:

Teor de lipídios (%) = 100x N/P

N= n° de gramas de lipídios

P= n° de gramas da amostra

4.4.4 Proteínas

Na determinação de proteínas aplicou-se o método de *Kjeldahl*, que baseia-se nas fases de digestão, destilação e titulação. Para a primeira fase (digestão), pesou-se 2 gramas da mistura

catalítica, sendo: 1,92g (96%) de sulfato de potássio e 0,08g (4%) de sulfato de cobre para cada tubo digestor. Em seguida, pesou-se 0,5 gramas da amostra em papel manteiga, que foi dobrado e adicionado ao tubo. Em capela de exaustão, foram adicionados 7mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) puro para cada tubo. Seguidamente, esses tubos foram levados ao aquecimento (350°C-400°C) em bloco digestor até o momento em que a amostra tornou-se de cor azul-esverdeada e sem pontos pretos. Após isso, estas foram deixadas na capela até o seu resfriamento.

Em seguida, para as fases de destilação e titulação, inicialmente, preparou-se a bureta com hidróxido de sódio (NaOH 0,1N) e os erlenmeyer de 250mL, onde foram adicionados 10mL de ácido sulfúrico 0,05M (0,1N) e 3 gotas de vermelho de metila. Em seguida, acoplou-se o erlenmeyer no tubo logo abaixo do condensador. Transferiu-se uma amostra por vez para o tubo do destilador e adicionou-se 5mL de água destilada e 6 gotas de fenolftaleína. Logo após, encaixou-se o tubo do destilador no aparelho. No destilador de nitrogênio, com a torneira do funil superior fechada, adicionou-se 25mL de NaOH 40%. Ligou-se a água e verificou-se o nível da caldeira, para então ligar na tomada. Ligou-se o aquecimento e abriu-se a torneira do funil contendo o NaOH 40% aos poucos e aguardou-se até o volume do erlenmayer atingir 75mL. Após atingir, desligou-se o aquecimento e retirou-se o erlenmeyer com a solução. Esta, foi titulado com NaOH (0,1N) até a mudança de coloração para amarelo constante.

Para o cálculo, aplicou-se:

$$\%N = (\text{Média mL NaOH \{branco\}} - \text{mL NaOH da amostra} \times 0{,}1N \times 14{,}007 \times 100 \times \text{Fator } H_2SO_4)/\text{g da amostra} \times 1000$$

$$\%P = \%N \times \text{fator de conversão}$$

4.4.5 Carboidratos

O teor de carboidratos foi determinado por diferença dos demais constituintes da composição centesimal (umidade, cinzas, lipídeos e proteínas).

4.4.6 Determinação do Valor Energético Total (VET)

O VET em kcal/100 g foi calculado segundo os valores de conversão de *Atwater* de 4 kcal/g de carboidratos, 4 kcal/g de proteínas e 9 kcal/g de lipídeos, conforme a seguinte fórmula: VET = (carboidratos x 4) + (proteínas x 4) + (lipídeos x 9) (Watt; Merrill, 1963).

4.5 Caracterização Físico-Química

Para avaliação dos aspectos físico-químicos, o produto foi submetido, em triplicata, às análises de acidez total titulável, pH e atividade de água (Aw), segundo AOAC (2002) e AOAC (2005).

4.5.1 Acidez Total Titulável

Transferiu-se 10mL da amostra para um Erlenmeyer de 250mL e, em seguida, adicionou-se 90mL de água destilada. Agitou-se e adicionou-se 5 gotas de fenolftaleína. E então titulou-se com NaOH 0,1N até atingir o pH de 8,1. Para obtenção dos resultados, anotou-se a quantidade de mililitros gastos na titulação.

4.5.2 pH

O potenciômetro foi calibrado com as soluções tampão de pH 7,0 e pH 4,0. Em seguida, em um béquer contendo 10g da amostra e 90mL de água destilada (amostra utilizada na análise acidez), o eletrodo foi inserido e realizou-se a leitura de acordo com as instruções do fabricante.

4.5.3 Atividade de Água (Aw)

A atividade de água das amostras foi determinada utilizando o equipamento Analisador de Atividade de Água (*Labswift Novasina®).* O aparelho mede a Aw por sonda específica, onde as amostras são transferidas para recipientes próprios do kit de análise de Aw, preenchendo-os pela metade, conforme as instruções do fabricante. Após o período de estabilização das condições internas, realizou-se a leitura em triplicata das amostras.

4.6 Análise Microbiológica

A determinação de enterobactérias totais ocorreu pelo método de contagem em placa, aplicando-se ágar Vermelho Violeta Bile com Glicose (VRBG) com sobrecamada e incubação à 35ºC por 24h, com resultado expresso em logaritmos de unidades formadoras de colônias por grama (log UFC/g), de acordo com Kornacki & Johnson (2001).

A pesquisa do microrganismo *Salmonella* spp. foi baseada na metodologia descrita por Dal'molin *et al.,* (2013), utilizando-se o meio de cultura Ágar Salmonella-Shigella (SS). Por meio da técnica de plaqueamento de superfície (*spread plate*), inoculando no meio de cultura,

alíquotas de 0,1mL da amostra correspondente a cada diluição (10^{-1}, 10^{-2} e 10^{-3}), as quais foram distribuídas de maneira uniforme na superfície do ágar. Em seguida, as placas foram incubadas em estufa bacteriológica à 35°C por 24 horas.

Para análise de bolores e leveduras, foi empregado o processo descrito por Silva *et al*. (2010), pesando-se 10g da amostra e transferindo-a para um frasco contendo 90mL de solução salina 0,85% (10^{-1}). Na sequência, foram realizadas as diluições até 10^{-3} para adicionar em cada placa 15 a 20 mL do meio Ágar Batata Dextrose acidificado.

4.7 Vida de Prateleira

Iniciou-se a análise da vida de prateleira do suplemento alimentar em gel à base de rapadura, de acordo com os resultados obtidos nas análises de pH, acidez total titulável, atividade de água (Aw) e microbiológica, bem como através da observação de mudanças nas características físico-químicas e sensoriais do produto, dentro de um período previsto de 180 dias, com análises a cada 30 dias.

4.8 Análise Estatística

Para a análise estatística foi criado no programa EPI INFO, versão 7.2.6, um banco de dados. Elaborou-se uma estatística descritiva com valores de média, desvio-padrão, valores absolutos e relativos, com os dados apresentados por meio de tabelas e gráficos. Foi realizada uma estatística inferencial teste *t Student* para amostras independentes com a finalidade de comparar as médias, considerando um erro probabilístico α 5% ($p<0,05$), para estabelecer significância estatística com um Intervalo de Confiança de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desenvolvimento de Um Suplemento Alimentar Rico em Carboidratos à Base de Rapadura ("Gel de Carboidratos")

Usualmente, a legislação brasileira descreve suplemento alimentar como um produto para ingestão oral, apresentado em diferentes formas farmacêuticas, com o objetivo de complementar a alimentação de pessoas saudáveis com nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos, tanto isolados quanto combinados (Brasil, 2018b).

A formulação do suplemento alimentar em gel à base de rapadura (Tabela 3) foi desenvolvida após testes que tiveram como base os ingredientes e as respectivas quantidades preconizadas pela literatura e produtos similares de marcas comercializadas de géis de CHO.

Tabela 3. Ingredientes utilizados na formulação do suplemento alimentar em gel à base de rapadura, em intervalos percentuais

Ingredientes	Intervalos Percentuais
Rapadura	40-100%
Cloreto de Sódio	1-20%
Citrato de Sódio	1-5%
Água Mineral	5-40%

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A figura 4 traz o suplemento alimentar em gel à base rapadura após o envasamento pela farmácia de manipulação.

Figura 4. Suplemento alimentar em gel à base de rapadura embalado



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

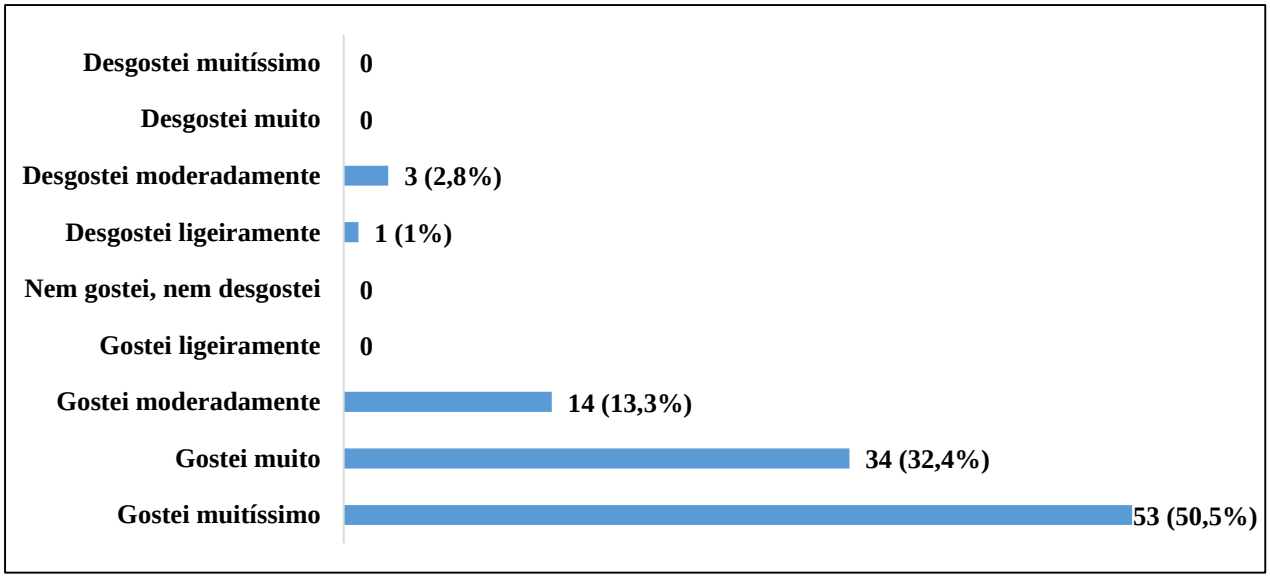
A suplementação de carboidratos pode ser feita de diferentes maneiras, como bebidas esportivas líquidas, géis semissólidos e barras de cereal ou balas energéticas sólidas (Campbell *et al*., 2008; Pereira *et al*., 2012). A principal característica que diferencia os diversos formatos de carboidratos é a praticidade de uso, sua finalidade e o tempo de esvaziamento gástrico (Pereira, 2011).

5.2 Análise Sensorial

5.2.1 Escala Hedônica e Intenção de Compra

A Figura 5 representa a frequência de notas da escala hedônica atribuídas ao sabor, cor e aroma (notas de 1-9) para a formulação em estudo. Dentre os 105 provadores que participaram do teste de aceitação, 50,5% atribuíram a nota 9 (Gostei muitíssimo), 32,4% atribuíram a nota 8 (Gostei muito), 13,3% a nota 7 (Gostei moderadamente), 1% a nota 4 (Desgostei ligeiramente) e 2,8% a nota 3 (Desgostei moderadamente). Portanto, o suplemento alimentar em gel à base de rapadura apresentou uma taxa de 96,2% de aceitação por parte dos provadores.

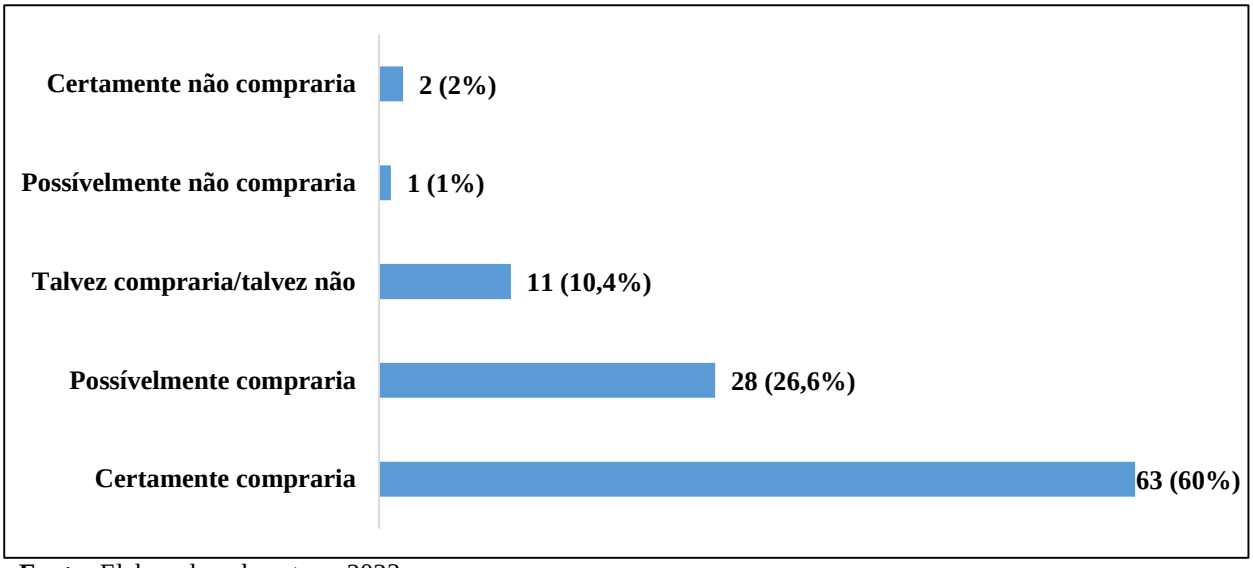
Figura 5. Análise sensorial do suplemento alimentar em gel à base de rapadura (Escala Hedônica)



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A Figura 6 representa a frequência de notas do teste de intenção de compra (notas de 1-5) para o suplemento desenvolvido. Do número total de provadores (n=105), 60% atribuíram a nota 5 (Certamente compraria), 26,6% atribuíram a nota 4 (Possivelmente compraria), 10,4% a nota 3 (Talvez compraria / talvez não compraria), 1% a nota 2 (Possivelmente não compraria) e 2% a nota 1 (Certamente não compraria). Em suma, os provadores apontaram um índice de aproximadamente 97% de intenção de compra do suplemento alimentar em gel à base de rapadura.

Figura 6. Intenção de compra do suplemento alimentar em gel à base de rapadura



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Na literatura, são escassos os estudos que abordam a análise sensorial para esse tipo de produto alimentício, o que dificulta a comparação. O presente estudo é inovador, uma vez que a utilização da rapadura no desenvolvimento de alimentos para atletas não foi abordada em pesquisas anteriores.

Moreira *et al*., (2011), formularam um gel energético sabor limão com adição da microalga spirulina e verificaram que as médias das notas atribuídas pelos avaliadores ao não apresentaram diferenças significativas entre si. As amostras de gel energético com 0,25% de spirulina obtiveram uma média de aceitação de 68,3%. Segundo os autores, para obter índices de aceitação mais elevados para o gel, seria recomendável realizar uma avaliação sensorial com potenciais consumidores, além de promover maior divulgação do produto.

Moreira *et al.*, (2013) desenvolveram três amostras de gel energético de banana e açaí adicionado de spirulina. Neste, a amostra A, com 0,35% de spirulina e 0,25% de pectina, obteve um percentual de 71% de aceitação, apesar de 79% dos avaliadores nunca terem consumido suplementos energéticos em forma de gel.

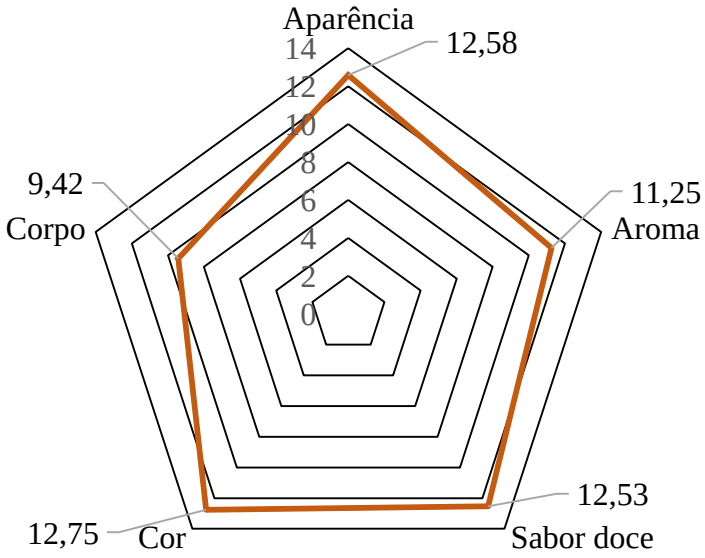
5.2.2 Análise Descritiva-Quantitativa (ADQ)

Segundo Faria e Yotsuyanagi (2002), a Análise Descritiva-Quantitativa (ADQ) é um método de avaliação sensorial que identifica, descreve e quantifica os atributos sensoriais de

um produto. Portanto, a ADQ mede a intensidade com que as características sensoriais de um produto foram percebidas pelos assessores, assim como descreve suas propriedades sensoriais.

Os assessores (n=6) caracterizaram o produto com: aparência própria para o produto, de um "gel semifluido"; aroma de melaço de cana de moderado à intenso; sabor doce intenso de rapadura, fatos esperados, já que a amostra apresenta rapadura em sua composição; de cor castanho escuro e corpo com fluidez intermediária. Com base nessas características atribuídas pelos assessores, foi elaborado, para cada termo descritivo, o perfil sensorial das amostras do suplemento alimentar em gel à base de rapadura (Figura 7).

Figura 7. Análise Descritiva-Quantitativa do suplemento alimentar em gel à base de rapadura



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Devido à existência de carboidratos com diferentes características, como sabor, propriedades físico-químicas, doçura, digestibilidade, entre outras, a escolha adequada para cada situação pode ser importante para a obtenção de bons resultados. Nem todos os carboidratos são utilizados e/ou encontrados no mercado de suplementos esportivos, pois alguns se limitam à estudos e outros não apresentam sua eficiência comprovada, não sendo, portanto, utilizados. Os suplementos de carboidratos à base de maltodextrina, glicose, frutose e

sacarose são os mais comercializados atualmente, seja de forma isolada ou em conjunto para maior otimização (Fontan; Amadio, 2015).

Além disso, é possível utilizar outros componentes na produção de suplementos alimentares, desde que sejam cumpridos critérios específicos, mencionados no Art. 6º da RDC nº 243/2018. Assim, justificando também a escolha do referido alimento para composição do suplemento, o artigo mencionado afirma que: "Outros componentes podem ser empregados na elaboração de suplementos alimentares com o objetivo de fornecer sabor, cor ou aroma, ou para dissolver, diluir, dispersar ou alterar sua consistência ou forma, contanto que cumpram os seguintes requisitos: 1) Sejam tradicionalmente utilizados na produção de alimentos; 2) Atendam aos respectivos padrões de identidade e qualidade; 3) Não sejam classificados como aditivos alimentares ou coadjuvantes de tecnologia; 4) Não sejam classificados como novos alimentos ou novos ingredientes." (Brasil, 2018a).

5.3 Composição Centesimal

Os resultados da composição centesimal do suplemento alimentar em gel à base de rapadura (R) e do suplemento alimentar em gel comercial (Z) estão expostos na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados das análises dos suplementos alimentares em gel R e Z em relação à composição centesimal

Composição Centesimal	**Suplementos**	
	R	**Z**
	Média ± DP	**Média ± DP**
Umidade (%)	22,25 ± 0,01[a]	25,16 ± 0,08[b]
Cinzas (%)	1,44 ± 0,01[a]	0,92 ± 0,00[b]
Lipídios (%)	0,47 ± 0,00[a]	0,09 ± 0,00[b]
Proteínas (%)	1,20 ± 0,06[a]	1,12 ± 0,00[b]
Carboidratos (%)	74,65[a]	72,77[b]
Valor Energético Total (Kcal)	307,59[a]	296,13[b]

Médias de duas repetições. Letras diferentes entre os produtos R e Z apresenta diferença significativa $p < 0,05$ entre as médias, segundo o teste t de Student com IC 95%.
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O percentual de umidade de ambos os suplementos variou entre 22,25 ± 0,01ª (R) e 25,16 ± 0,08ᵇ (Z). De acordo com Gomes (2013), a análise da umidade é um fator crucial visto que essa está intimamente ligada com a vida útil do produto. Devido à alta concentração de açúcares e quantidade considerável de umidade, a rapadura e seus derivados se tornam um ambiente propício para a proliferação de microrganismos, como fungos, o que consequentemente diminui o seu tempo de validade.

Sarwar *et al*., (2009) afirmam que o tipo de cana-de-açúcar, as diferenças nas condições do processo de fabricação (principalmente artesanal) e a forma de armazenamento da rapadura também podem influenciar na variação dos teores de umidade. A umidade é apontada como um parâmetro essencial para a qualidade da rapadura e seus derivados, visto que porcentagens elevadas podem promover inversão de açúcares e formação de mofo, propiciando a formação de produtos de decomposição, comprometendo os atributos sensoriais e à qualidade do alimento (Tiwari; Sanjeev; Prakash, 2004; Mosquera *et al*., 2007).

Segundo Cecchi (2003), a quantidade de cinzas de um alimento é o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, que é transformado em CO_2, H_2O e NO_2. Os principais minerais que constituem as cinzas são K, Na, Ca, Mg, Al, Fe, Cu, Mn, Zn, Ar, I e F. O teor de cinzas das amostras formuladas apresentou-se em 1,44 ± 0,01ª, enquanto que do suplemento comercial foi de 0,92 ± 0,00ᵇ.

Dado exposto, a análise de resíduos inorgânicos (cinzas), informa a quantidade de minerais presentes no alimento. Sua determinação é realizada por meio da queima completa de toda matéria orgânica, resultando apenas na fração de minerais, que se apresentam em formas de óxidos metálicos, sulfatos, fosfatos, nitratos, cloretos e outros compostos químicos (Bettani, 2014; Damodaran, 2018).

No que se refere ao percentual lipídico e proteico, o suplemento alimentar em gel à base de rapadura apontou uma média de 0,47 ± 0,00ª e 1,20 ± 0,06ª, respectivamente. Em contrapartida, o suplemento alimentar em gel comercial ficou entre 0,09 ± 0,00ᵇ e 1,12 ± 0,00ᵇ, respectivamente. Em Jaffé (2015), o teor de lipídios da rapadura variou entre 0 e 0,1% e de proteínas entre 0,37 e 1,7%. A variabilidade desses componentes é explicada pela diferença entre as variedades de cana-de-açúcar, condições do solo e do processamento.

Assim como o gel à base de rapadura, Gauder (2015) destaca que, apesar da rapadura apresentar baixa quantidade de lipídios, proteínas, fibras e água e ser quase que inteiramente composta de açúcares, também possui minerais que aumentam seus benefícios nutricionais

(Guerra; Mujica, 2010), além de possuir sabor e aroma agradáveis e característicos (Lui *et al*., 2011).

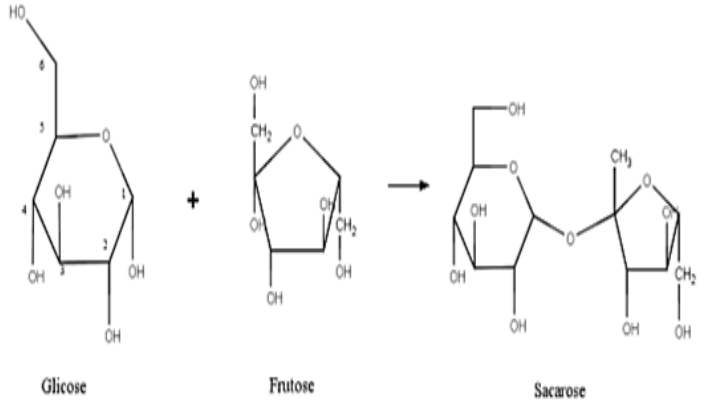
No que concerne à porcentagem de carboidratos, o suplemento desenvolvido à base rapadura apresentou uma quantidade superior (74,65g), em comparação ao suplemento comercial (72,77g). A composição química da rapadura é majoritariamente açúcar. Os carboidratos são moléculas abundantes usadas no metabolismo de seres vivos e representam uma das principais fontes de energia obtida através da oxidação dessas moléculas no ambiente intracelular (Lehninger, 2014).

Portanto, aproximadamente 40g do suplemento alimentar em gel à base de rapadura seja capaz de suprir as necessidades energéticas em atividades prolongadas, levando em consideração as recomendações mínimas de ingestão de CHO da Sociedade Brasileira de Medicina do Exercício e do Esporte (SBMEE, 2009).

No que diz respeito à classificação dos CHO do produto, tem-se sacarose, glicose e frutose, característicos da matéria-prima utilizada. Na literatura, o consenso sobre a ingestão de CHO antes do exercício é que esta deve ser feita com a ingestão de glicose + frutose ou sacarose + frutose. Isso é preferido devido à influência do índice glicêmico, digestão, absorção e taxa de oxidação desses CHO, visto que a glicose e a sacarose possuem alto índice glicêmico, enquanto a frutose possui baixo índice glicêmico (Tappy; Lê, 2010).

Os carboidratos que são encontrados em sua forma mais simples como monossacarídeos (glicose e frutose), e o dissacarídeo (sacarose) permitem uma hidrólise mais simples, agilizando o processo de absorção intestinal. Ou seja, quando ingeridos concomitantemente propiciam um melhor desempenho (Jeukendrup; Killer, 2010).

Figura 8. Ligação glicosídica para a formação da sacarose



Fonte: Viana, 2020.

Vale ressaltar que, de acordo com a legislação vigente, a combinação de diferentes ingredientes em um único produto é permitida, desde que esses componentes estejam previstos na IN nº 28/2018, não haja restrições expressas na norma e a combinação planejada não apresente risco para a saúde do consumidor (Brasil, 2018a).

Os constituintes citados na IN nº 28/2018, na categoria de carboidratos são: amidos, amido de milho (*Zea mays*), amido modificado, açúcar invertido, D-Galactose, D-Ribose, D-Tagatose, dextrose (D-Glucose), isomaltulose, lactose, maltodextrina, meliv, xarope de isomalte, trealose, sacarose, D-Frutose e xarope de glicose. Sendo os três últimos, os carboidratos quem compõem a rapadura, a sacarose, que é o açúcar extraído da cana-de-açúcar e é composta por duas unidades de monossacarídeos, glicose e frutose (Brasil, 2018a; Campbell, 2000).

Para Silva (2019), os açúcares redutores encontrados em produtos derivados da cana de açúcar podem ter se originado tanto da própria cana, quando colhida em um estágio de maturação inferior, quanto do processo de inversão da sacarose durante a fabricação. No primeiro caso, um alto teor de açúcares redutores no momento da colheita interfere na fabricação da rapadura, dificultando o alcance do ponto de cozimento adequado e resultando em um produto mais úmido.

De acordo com Barreto *et al*., (2015), em alguns locais de produção, durante a fervura do caldo, adiciona-se óxido de cálcio (popularmente conhecido como Cal) para elevar o pH e prevenir a inversão da sacarose. A inversão da sacarose, ou produção de açúcar invertido, é um

processo em que a sacarose, encontrada principalmente no caldo de cana-de-açúcar, é aquecida na presença de água, resultando na hidrólise do açúcar. Nesse processo, ocorre a quebra da molécula, composta por dois monossacarídeos, formando glicose e frutose.

Quando ocorre essa reação, temos um xarope denominado açúcar invertido, assim chamado devido ao desvio da luz que ocorre quando o material é analisado por uma fonte de luz polarizada. A sacarose é uma molécula dextrógira, mas a glicose e a frutose são moléculas levógiras, o que resulta na inversão do plano de desvio da luz (Campbell, 2000).

Para o Valor Energético Total (VET), o suplemento "R" apresentou 307,59 Kcal, para 296,13 Kcal do suplemento "Z". Estima-se que a ingestão de CHO equivalente a 60 a 70% da ingestão calórica diária, seja suficiente para as necessidades de um treinamento esportivo. Quando se busca uma boa recuperação muscular, a ingestão de CHO recomendada fica entre 5 e 8g/kg de peso/dia. Contudo, em situações de atividades prolongadas e/ou treinos de alta intensidade, é necessário até 10g/kg de peso/dia para restauração adequada do glicogênio muscular e/ou aumento da massa muscular (SBME, 2009).

5.4 Caracterização Físico-Química

Os resultados dos parâmetros físico-químicos de pH, acidez total titulável e atividade água do suplemento alimentar em gel à base de rapadura (R) e do suplemento alimentar em gel comercial (Z) estão dispostos na Tabela 5. Houveram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre produtos para todos os parâmetros físico-químicos analisados.

Tabela 5. Resultados das análises físico-químicas dos suplementos alimentares em gel R e Z

Análises	**Suplementos**	
	R	**Z**
	Média ± DP	**Média ± DP**
pH	$6,46 \pm 0,00^{a}$	$6,04 \pm 0,00^{b}$
Acidez (mL NaOH 0,1N)	$1,50 \pm 0,00^{a}$	$2,00 \pm 0,00^{b}$
Atividade de água	$0,79 \pm 0,00^{a}$	$0,87 \pm 0,00^{b}$

Médias de duas repetições. Letras diferentes entre os produtos R e Z apresenta diferença significativa $p < 0,05$ entre as médias, segundo o teste t de Student com IC 95%.
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O pH das amostras analisadas do suplemento alimentar em gel à base de rapadura e do suplemento alimentar em gel comercial apresentou-se entre 6,46 ± 0,00[a] e 6,04 ± 0,00[b], respectivamente. Conforme afirmado por Franco e Landgraf (2008), os alimentos que possuem baixa acidez (pH > 4,5) são mais suscetíveis à multiplicação de microrganismos, incluindo espécies patogênicas e deteriorantes, o que reduz a estabilidade do produto.

Essa classificação como pouco ácido indica que o valor está dentro do esperado para garapa fresca. Isso sugere que a cana utilizada na produção da matéria-prima estava saudável, colhida no momento de maturação adequado e não apresentava sinais de deterioração (Sanda *et al.*, 2016).

O pH mais baixo encontrado na amostra "R" indica a possibilidade da adição de alguma substância ácida para reduzir o pH, supostamente para corrigir o líquido antes do cozimento, evitando a cristalização da sacarose. Embora não haja limites estabelecidos na legislação, Silva (2019) menciona que correções no pH podem afetar a coloração do produto final, causando alterações na estrutura dos pigmentos naturais presentes na cana de açúcar. Isso é confirmado pelo fato de que a amostra apresentava uma cor mais escura.

Para determinação da acidez total titulável, os valores em mL de NaOH 0,1N gasto foi de 1,50 ± 0,00[a] para o suplemento alimentar em gel desenvolvido (R) e 2,00 ± 0,00[b] para o suplemento alimentar em gel comercial. Segundo Silva *et al.*, (2019), para a rapadura pura, a acidez em termos de NaOH consumido, é em média, de 1,7 mL, enquanto que para a rapadura com adição de açúcar, esse valor fica em torno de 0,6 mL, o que significa que a matéria-prima utilizada não possuía adições de açúcares.

A atividade água das amostras R e Z foram de 0,79 ± 0,00[a] e 0,87 ± 0,00[b], respectivamente. O gel energético para atletas pode ser considerado um alimento com atividade de água de grau intermediário, com um valor de 0,65 a 0,86, o que ajuda a prevenir a proliferação de microrganismos e permite manter a qualidade produto desejado, propiciando uma maior estabilidade durante o armazenamento, cuja vida útil estimada é bastante longa (Dergal, 2006).

De acordo com Felsner e Cano (2011), a atividade da água refere-se à quantidade de água disponível no alimento que irá interagir com os microorganismos. Assim, quanto maior a Aw, mais propenso será o alimento ao desenvolvimento de fungos, leveduras e bactérias. Ter conhecimento dessas características é essencial, pois produtos com alto teor de açúcar

geralmente possuem baixa Aw, o que os torna microbiologicamente estáveis, porém eles têm tendência a absorver umidade.

5.5 Análise Microbiológica

Os resultados microbiológicos obtidos podem ser observados na Tabela 6 e demonstram que o produto analisado encontra-se dentro dos padrões preconizados pela RDC nº 243/2018, RDC nº 331/2019 e IN nº 60/2019 (Brasil, 2018b; Brasil, 2019a; Brasil, 2019b).

Tabela 6. Resultados das análises microbiológicas do produto formulado quanto à presença de enterobactérias, *Salmonella* spp. e bolores e leveduras

Análises microbiológicas	**Resultados "R"**	**Resultados "Z"**	**Valores de referência**
Enterobactérias	Ausente	Ausente	10
Salmonella spp.	Ausente	Ausente	Ausente
Bolores e leveduras	$1x10^2$	$5,5x10^2$	10^2

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Esse resultado comprova que os padrões de higiene adotados no processo de desenvolvimento, fabricação e envasamento do gel foram empregados corretamente, não ocorrendo contaminação que pudesse inviabilizar o consumo do produto.

Além disso, o produto avaliado possui uma elevada concentração de açúcar, o que pode dificultar a proliferação de microrganismos. Ainda, apesar de artesanal, a alta temperatura empregada durante a produção pode eliminar uma parcela considerável de microrganismos da matéria-prima utilizada, já que de acordo com Bassett e Mcclure (2008), o calor é um método eficiente e habitualmente utilizado para inativar e/ou eliminar determinados patógenos em alimentos.

CONCLUSÃO

6. CONCLUSÃO

Como desfecho principal desta pesquisa destaca-se o desenvolvimento de um produto de qualidade, com alto valor energético, de fácil consumo e aceitação pelo público-alvo. Sua base de origem natural e de alto valor nutricional também se apresenta como um diferencial de mercado em sua categoria.

A análise sensorial demonstrou que houve boa aceitação do suplemento alimentar em gel à base de rapadura, com ênfase para a atribuição de notas máximas de mais da metade dos provadores, referentes aos percentuais obtidos na opção “gostei muitíssimo” (50,5%) da escala hedônica e “certamente compraria” (60%) do teste de intenção de compra.

A composição do suplemento alimentar em gel à base de rapadura apresenta a quantidade de carboidratos recomendada para atender as necessidades energéticas e de recuperação muscular após exercícios de resistência, além de auxiliar na reposição de eletrólitos.

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológica evidenciaram uma qualidade favorável ao suplemento formulado, estando em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente, apontando boas condições higiênico-sanitárias em todas as etapas de desenvolvimento.

Vale ressaltar ainda, a importância do ponto de vista social e econômico para a Região Nordeste, uma vez que se utiliza de uma matéria-prima regional como base para formulação de um novo produto, podendo esta ser empregada na formulação de alimentos energéticos, agregar valor a um produto e, portanto, tornar-se uma alternativa para evitar a monotonia alimentar, especialmente no âmbito esportivo.

Ademais, o presente trabalho traz informações nutricionais inovadoras e importantes sobre suplementos alimentares formulados a partir de matérias-primas naturais, que podem contribuir para pesquisas futuras, tendo em vista a escassez de dados descritos na literatura acerca de suas características nutricionais e de seus efeitos sobre o desempenho físico. Ainda, os resultados obtidos ressaltam a necessidade de estudos sobre a composição nutricional dos diferentes tipos de rapadura, visando o controle de qualidade, bem como o melhoramento e fortalecimento da cadeia produtiva artesanal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V. G.; LOPES, R. S. S.; LIMA, E. M.; SANTOS, J. S. A importância da alimentação na hipertrofia. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e431101422041, 2021.

ACSM – American College of Sports Medicine. Position of American Dietitic Association, Dietitians of Canada, and American College of Sports Medicine: nutritrion and athletic performance. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 116. p.501-528, 2006.

ALMEIDA, I. V. A.; RIBEIRO, M. C. O.; FREITAS, R. Uso de suplementos alimentares e fatores associados em praticantes de atividade física de alta intensidade. **RBNE – Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 12, n. 76, Supl. 2, p. 992-1004, 2018.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists International. **Official Methods of Analysis of AOAC Internationa**l. 16th ed. Washinton: AOAC International, 2002.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists International. **Official Methods of Analysis of AOAC Internationa**l. 18th ed. Gaitherburg: AOAC International, 2005.

ARENT, S. M.; CINTINEO, H. P.; MCFADDEN, B. A.; CHANDLER, A. J.; ARENT, M. A. Nutrient timing: a garage door of opportunity?. **Nutrients**, v. 12. n. 7, p. 1948, 2020.

AZEVEDO, P. H. S. M. GARCIA, A.; DUARTE, J. M. P.; RISSATO, G. M.; CARRARA, V. K. P.; MARSON, R. A. Anaerobic threshold and bioenergetics: a didactic approach. **Journal of Physical Education**, v. 20, n. 3, p. 453-464, 2009.

BARRETO, P. P. A. F. A. P.; BETTANI, S. R.; BORGES, M. T. M. R.; BERNARDI, M. R. V. Avaliação físico- química e sensorial de diferentes melados. **Revista de Agricultura**, v. 90, n. 3, p. 217 - 228, 2015.

BARTLETT, J. D.; HAWLEY, J. A.; MORTON, J. P. Carbohydrate availability and exercise training adaptation: too much of a good thing? **European Journal of Sport Science**, v. 15, n. 1, p. 3-12, 2015.

BASSETT, J.; MCCLURE, P. A risk assessment approach for fresh fruits. **Journal of Applied Microbiology**, v. 104, n. 4, p. 925-943, 2008.

BAUR, D. A.; SAUNDERS, M. J. Carbohydrate supplementation: A critical review of recent innovations. **European Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 1, p. 23-66, 2020.

BEELEN, M.; CERMAK, N. Performance enhancement by carbohydrate intake during sport: effects of carbohydrates during and after high-intensity exercise. **Nederland's Tijdschrift Voor Geneeskunde**, v. 159, p. 7465, 2015.

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

BOMPA, T. O.; BUZZICHELLI, C. **Periodization**: Theory and methodology of training. 6th ed. Champaign: Human Kinetics, 2018.

BOWTELL, J.L.; GELLY, K.; JACKMAN, M.L.; PATEL, A.; SIMEONI, M.; RENNIE, M. J. Effect of different carbohydrate drinks on whole body carbohydrate storage after exhaustive exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 5, p. 1529-36, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instrução Normativa - **IN nº 28, de 26 de Julho de 2018**. Estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 jul. 2018a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instrução Normativa - **IN nº 60, de 23 de Dezembro de 2019**. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 dez. 2019a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada - **RDC nº 243, de 26 de Julho de 2018**. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 jul. 2018b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada - **RDC nº 331, de 23 de Dezembro de 2019**. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 dez. 2019b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada - **RDC nº 271, de 22 de Setembro de 2005**. Dispõe sobre o regulamento técnico para açúcares e produtos para adoçar. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 set. 2005.

BRAUN, C. L. K.; OLIVEIRA, A. P.; PEDRO, F. G. G.; ARRUDA, G. L.; LIMA. M. G.; VILLA, A. D. Physico chemical, microbiological and microscopic evaluation of artesanal rapaduras produced in Cuiabá, Mato Grosso, Brazil. **Acta Scientiarum Technology,** v.38, n.4, p.407-413, 2016.

BURKE, L. M.; DEAKIN, V. **Clinical Sports Nutrition**. 5th. ed. Australia: McGraw-Hill Education, 2015.

CAMPBEEL, M. K. **Bioquímica**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

CAMPBELL, C.; PRINCE, D.; BRAUN, M.; APPLEGATE, E.; CASAZZA, G. A. Carbohydrate-supplement form and exercise performance. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, v. 18, n. 2, p. 179-190, 2008.

CASAZZA, G. A.; TOVAR, A. P.; RICHARDSON, C. E.; CORTEZ, A. N.; DAVIS, B. A. Energy Availability, Macronutrient Intake, and Nutritional Supplementation for Improving Exercise Performance in Endurance Athletes. **Current Sports Medicine Reports**, v. 17, n. 6, p. 215–223, 2018.

CAVALCANTE, C. D. M. **Os engenhos de açúcar como espaços de educação não formal no ensino de química**. 2019. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal Da Paraíba, Areia, 2019.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos** 2ª ed. Rev. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003.

COCHRAN, A. J.; MYSLIK, F.; MACINNIS, M. J.; PERCIVAL, M. E.; BISPO, D.; TARNOPOLSKY, M. A.; GIBALA, M. J. Manipulating carbohydrate availability between twice-daily sessions of high-intensity interval training over 2 weeks improves time-trial performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 25, n. 5, p. 463-470, 2015.

COSTA, M. S.; TOSCANO, L. T.; TAVARES TOSCANO, L. D. L.; LUNA, V. R.; TORRES, R. A.; SILVA, J. A.; SILVA, A. S. Ergogenic potential of foods for performance and recovery: a new alternative in sports supplementation? A systematic review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 6, p. 1480-1501, 2022.

COSTA, T. A.; GONÇALVES, H. R.; ANSCHAUC, F. R.; VIARO, L. F.; BORGHETI, R.; SANTOS, F. B.; BORGES, J. H. Suplementação com bebida artesanal que contém carboidrato em atletas da ginástica rítmica. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 39, n. 2, p. 115-122, 2016.

COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases Bioquímicas e Fisiológicas da Nutrição**: Nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença. 2ª ed. São Paulo: Editora Manole, 2019.

DAL'MOLIN L. F. C. S.; CAROLINE, L.; OLIVEIRA, G. G.; MARTINS, S. A.; PINTO, D. M. Avaliação microbiológica e físico-química de produtos minimamente processados comercializados na região de Cuiabá-MT. **Connetionline**, n.10, p.130- 138, 2013.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **A Química de Alimentos de Fennema**. 5ª ed. [S. l.]. Porto Alegre: Artmed, 2018.

DERGAL, S. B. **Química de los alimentos**. Edición 4. México: Pearson Educación, 2006.

DESBROW, B.; SLATER, G.; COX, G. R. Sports nutrition for the recreational athlete. **Australian Journal of General Practice**, v. 49, n. 1, p. 17–22, 2020.

DOERING, T. M.; REBURN, P. R.; PHILLIPS, S. M.; JENKINS, D. G. Post-exercise dietary protein strategies to maximize skeletal muscle repair and remodeling in master's endurance athletes: a review. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism,** v. 26, n. 2, p. 168-178, 2016.

DURKALEC-MICHALSKI, K.; ZAWIEJA, E. E.; ZAWIEJA, B. E.; JURKOWSKA, D.; BUCHOWSKI, M. S.; JESZKA, J. Effects of Low Versus Moderate Glycemic Index Diets on

Aerobic Capacity in Endurance Runners: Three-Week Randomized Controlled Crossover Trial. **Nutrients**, v. 10, n. 3, p. 370, 2018.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4ª ed. Curitiba: Champagnat, 2013. 536 p.

FAO **- Food and Agriculture Organization of the United Nations (1960)**. The World Sugar Economy in Figures 1880-1959. Roma: FAO. 137 p.

FARIA, E. V.; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de Análise Sensorial**. Campinas: ITAL, 2002. 116p.

FELSNER, M. L.; CANO, C. B. Influência de Variáveis Experimentais na Determinação Refratométrica de Umidade em Mel por Planejamento Fatorial. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 13, n. 1, 2011.

FERREIRA, A. M. D.; RIBEIRO, B. G.; SOARES, E. A. Consumo de carboidratos e lipídios no desempenho em exercícios de ultra-resistência. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 7, n. 2, p. 67-74, 2001.

FERREIRA, D. M. A.; OLIVEIRA, J. P. L.; MANGIA, R. C.; FURTADO, E. T. F.; ABREU, W. E. Consumo de suplementos por culturistas: en busca de la salud o el cuerpo perfecto?. **Lecturas: Educación Física y Deportes**, v. 25, n. 266, p. 24-29. 2020.

FLÓREZ-MARTÍNEZ, D. H.; CONTRERAS-PEDRAZA, C. A.; RODRÍGUEZ, J. A systematic analysis of non-centrifugal sugar cane processing: Research and new trends. **Trends in Food Science and Technology**, v. 107, p. 415–428, 2021.

FONTAN, J. S.; AMADIO, M. B. O uso do carboidrato antes da atividade física como recurso ergogênico: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n.2, p. 153-157, 2015.

FRANCO, B D. G. M., LANDGRAF, M. **Microbiologia de Alimentos**. 1ª ed. São Paulo: Attheneu, 2008.

FRANSSON, D.; NIELSEN, T. S.; OLSSON, K.; CHRISTENSSON, T.; BRADLEY, P. S.; FATOUROS, I. G.; KRUSTRUP, P.; NORDSBORG, N. B.; MOHR, M. Skeletal muscle and performance adaptations to high-intensity training in elite male soccer players: speed endurance runs versus small-sided game training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 1, p. 111-121, 2018.

GARCÍA, A. P.; HURTADO-CARNEIRO, V.; HERRERO-DE-DIOS, C.; DONGIL, P.; GARCÍA-MAURIÑO, J. E.; SÁNCHEZ, M. D.; SANZ, C.; ÁLVAREZ, E. Storage and Utilization of Glycogen by Mouse Liver during Adaptation to Nutritional Changes Are GLP-1 and PASK Dependent. **Nutrients**, v. 13, n. 1, p. 2552, 2021.

GARTHE, I.; MAUGHAN, R. J. Athletes and Supplements: Prevalence and Perspectives. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 28, n. 2, p. 126-138, 2018.

GAUDER, P. **Analyse et propositions d'amélioration de la fabrication de rapadou en Haïti. Travail de fin d'étude: masterbio-ingénieu renchimie et bio-industries**. Gembloux, Belgique: Faculté Gembloux Agro-Bio-Tech, 2015.

GOMES, R. A. **Uso de conservador na estabilidade da rapadura com coco**. 2013. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Maranhão, Imperatriz, 2013.

GOSTON, J.L.; CORREIA; M.I.T.D. Suplementos Nutricionais: Histórico, Classificação, Legislação e Uso em Ambiente Esportivo. **Nutrição em Pauta: Nutrição e esporte**, v. 98, n. 17, p.1-7, 2009.

GROPPER, S. S.; SMITH, J. L.; CARR, T. P. **Advanced Nutrition and Human Metabolism**. 8th ed. Boston: Cengage Learning, 2021.

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

HARGREAVES, M.; SPRIET, L. L. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. **Nature Metabolism**, v. 2, n. 1, p. 817–828, 2020.

HAWLEY, J. A.; HARGREAVES, M.; JOYNER, M. J.; ZIERATH, J. P; Integrative biology of exercise. **Cell**, v. 159, n. 4, p. 738-749, 2014.

HAWLEY, J. A.; LECKEY, J. J. Carbohydrate dependence during prolonged, intense endurance exercise. **Sports Medicine**, v. 45, n. 1, p. 5-12, 2015.

HIGGINS, M. R.; IZADI, A.; KAVIANI, M. Antioxidants and exercise performance: with a focus on vitamin E and C supplementation. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 22, p. 8452, 2020.

HUGHES, D. C.; ELLEFSEN, S.; BAAR, K. Adaptations to endurance and strength training. **Cold Spring Harbor perspectives in medicine**, v. 8, n. 6, p. a029769, 2018.

JAFFÉ, W. R. Nutritional and functional components of non centrifugal cane sugar: A compilation of the data from the analytical literature. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 43, n. 1, p. 194–202, 2015.

JÄGER, R.; KERKSICK, C. M.; CAMPBELL, B. I.; CRIBB, P. J.; WELLS, S. D.; SKWIAT, T. M.; PURPURA, M.; ZIEGENFUSS, T. N.; FERRANDO, A.; ARENT, S. M.; SMITH-RYAN, A. E.; STOUT, J. R.; ARCIERO, P. J.; ORMSBEE, M. J.; TAYLOR, L. W.; WILBORN, C. D.; KALMAN, D. S.; KREIDER, R. B.; WILLOUGHBY, D. S.; HOFFMAN, J. R.; KRZYKOWSKI, J. L.; ANTONIO, J. International society of sports nutrition position

stand: protein and exercise. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 20, 2017.

JAGIM, A. R., HEFFERNAN, K. T., ZABRISKIE, H. A., KERKSICK, C. M., WARD, E. D.; ARENT, S. M. International society of sports nutrition position stand: Energy drinks and energy shots. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 20, n. 1, e2171314, 2023.

JERONIMO, E. M. **Produção de açúcar mascavo, rapadura e melado no âmbito da agricultura familiar e sua importância na alimentação humana**. Ciência Alimentando o Brasil. 2 ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2018. p. 111-120.

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

JEUKENDRUP, A. E. A step towards personalized sports nutrition: Carbohydrate intake during exercise. **Sports Medicine**, v. 44, n. 1, p. 25-33, 2014.

JEUKENDRUP, A. E.; KILLER, S. C. The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v 57, n. 2, p. 18-25, 2010.

JEUKENDRUP, A. E.; MOSELEY, L.; MAINWARING, G. I.; SAMUELS, S.; PERRY, S.; MANN, C. H. Exogenous carbohydrate oxidation during ultraendurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 100, n. 4, p. 1134-41, 2006.

JEUKENDRUP, A. E.; ROLLO, I.; CARTER, J. M. Carbohydrate mouth rinse: Performance effects and mechanisms. **Sports Science Exchange**, v. 26, n. 118, p. 1-8, 2013.

JOSEPH, D. **Agregação de valor nutricional e sensorial em rapaduras artesanais**. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.

KERKSICK, C. M.; WILBORN, C. D.; ROBERTS, M. D.; SMITH-RYAN, A.; KLEINER, S. M.; JÄGER, R.; COLLINS, R.; COOKE, M.; DAVIS, J. N.; GALVAN, E.; GREENWOOD, M.; LOWERY, L. M.; WILDMAN, R.; ANTONIO, J.; KREIDER, R. B. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 38, 2018.

KORNACKI, J.L.; JOHNSON, J.L. **Enterobacteriaceae, coliforms and Escherichia coli quality and safety indicators**. In: Downes, F.P. and Ito, K. (eds). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4 th ed. American Public Health Association, Washington, DC, 2001, p.69-82.

LANCHA JR, A. H.; ROGERI, P. S.; PEREIRA-LANCHA, L. O. **Suplementação nutricional no esporte.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

LECKEY, J.; BURKE, L. M.; MORTON, J. P. HAWLEY, J. A. Altering fatty acid availability does not impair prolonged, continuous running to fatigue: Evidence for carbohydrate dependence. **Journal of Applied Physiology**, v. 120, n. 2, p. 107-113, 2016.

LEE, E. C.; FRAGALA, M. S.; KAVOURAS, S. A.; RAINHA, R. M.; PRYOR, J. L.; CASA, D. J. Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 10, p. 2920-2937, 2017.

LEHNINGER, N, D. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

LIMA, J. S.; SANTOS, I. L; FANARO, G. B. Desenvolvimento de gel de carboidrato a partir do buriti (*Mauritia flexuosa*) e do guaraná (*Paullinia cupana*). **Revista Ensino Saúde e Biotecnologia da Amazônia**, v. 2, n.2, p. 03-09, 2020.

LOVATO, G.; VUADEN, F. C. Diferentes formas de suplementação de carboidratos e seus efeitos na performance de um atleta de ciclismo: Estudo de caso. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 52, 355-360, 2015.

LUI, J. J. RIBEIRO, R. F.; ALVES, M. R. D.; ALMEIDA, S. R. Produtividade de rapadura de genótipos de cana-de-açúcar na Região de Dueré, Sul de Tocantins. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 1059-1068, 2011.

MACEDO, J. D. B. Rapadura: uma arte que atravessa os tempos: fonte de renda para a agricultura familiar de Senhor do Bonfim, Bahia. **Bahia Agrícola**, v. 8, n. 2, p. 35-38, 2008.

MARTINEZ-FERRAN, M.; SANCHIS-GOMAR, F.; LAVIE, C. J.; LIPPI, G.; PAREJA-GALEANO, H. Do antioxidant vitamins prevent exercise-induced muscle damage? A systematic review. **Antioxidants**, v. 9, n. 5, p. 372, 2020.

MATA, F.; VALENZUELA, P. L.; GIMENEZ, J.; TUR, C.; FERRERIA, D.; DOMÍNGUEZ, R.; SANCHEZ-OLIVER, A. J.; MARTÍNEZ-SANZ, J. M. Carbohydrate availability and physical performance: Physiological overview and practical recommendations. **Nutrients**, v. 11, n. 5, p. 1084, 2019.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício**: Nutrição, energia e desempenho humano. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2011.

MCARDLE, W.; KATCH, F.; KATCH, V. **Fisiologia do exercício**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

MOREIRA, J. B.; OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, T. D.; CARVALHO, L. F.; COSTA, J. A. V. **Avaliação sensorial de géis energéticos sabor limão elaborados com adição da microalga**

spirulina. Universidade Federal do Rio Grande, Engenharia de Alimentos, Escola de Química e Alimentos. XX Congresso de Iniciação Científica/II Mostra Científica – UFPEL, 2011.

MOREIRA, J. B.; OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, T. D.; CARVALHO, L. F.; COSTA, J. A. V. **Análise sensorial: aceitação de gel energético adicionado de spirulina**. Universidade Federal do Rio Grande, Engenharia de Alimentos, Escola de Química e Alimentos. XX Congresso de Iniciação Científica/II Mostra Científica – UFPEL, 2013.

MOREIRA, N. M.; NAVARRO, A. C.; NAVARRO, F. Consumo de Suplementos alimentares em academias de Cachoeiro de Itapemirim/ES. **RBNE – Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo. v. 8, n. 48, p. 363-372, 2015.

MOSQUERA, S. A.; CARRERA, J. E.; VILLADA, H. S. Variáveis que afetam a qualidade da panela processada no Departamento do Cauca. **Faculdade de Ciências Agropecuárias**, v. 20, n. 5, p. 17-27, 2007.

NABUCO, H. C. G.; RODRIGUES, V. B.; RAVAGNANI, C. F. C. Fatores associados ao uso de suplementos alimentares entre atletas: revisão sistemática. **RBME – Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, n. 5, 2016.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 7ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

NEVES, D. C. G.; PEREIRA, R. V.; LIRA, D. S.; FIRMINO, I. C.; TABAI, K. C. Consumo de suplementos alimentares: alerta à saúde pública. **Oikos: Família e Sociedade em Debate**, v. 28, n. 1, p. 224-238, 2017.

OLIVEIRA, J. C; NASCIMENTO, R. de J; BRITTO, W. S. F. Demonstração dos custos da cadeia produtiva da rapadura: estudo realizado no Vale do São Francisco. **Custos e Agronegócio Online**, v. 3, Edição Especial, p. 79-99, 2007.

OLIVEIRA, T. K. A. **Agricultura familiar**: produção de rapadura e destino final do bagaço da cana-de-açúcar. 2016. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Agropecuária) – Universidade Estadual De Goiás, Posse, 2016.

OSLER, M. E.; FRITZ, T.; CAIDAHL, K.; KROOK, A.; ZIERATH, J. R.; WALLBERG-HENRIKSSON, H. Changes in gene expression in responders and non-responders to a low-intensity walking intervention. **Diabetes Care**, v. 38, n. 6, p. 1154-1160, 2015.

PAULI, J. R.; CINTRA, D. E.; SOUZA, C. T.; ROPELLE, E. R. Novos mecanismos pelos quais o exercício físico melhora a resistência à insulina no músculo esquelético. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 53, n. 4, p. 399-408, 2009.

PEELING, P.; CASTELL, L. M.; DERAVE, W.; HON, O.; BURKE, L. M. Sports Foods and Dietary Supplements for Optimal Function and Performance Enhancement in Track-and-Field Athletes. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 29, n. 2, p. 198-209, 2019.

PEREIRA, L.G.; AMORIM, P.R.S.; LOPES, P.R.N.R.; ALFENAS, R.C.G.; MARINS, J.B.C. Diferentes formas de suplementos de carboidrato durante o exercício: impactos metabólicos e no desempenho. **Motricidade**, v. 8, n. 2, p.167-176, 2012.

PEREIRA, L.G. **Efeito de diferentes formas físicas de suplementos de carboidrato no desempenho físico.** 2011. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance. 10th ed. Nova York: McGraw Hill, 2017.

REINHARD, C.; GALLOWAY, S. D. R. Carbohydrate Intake Practices and Determinants of Food Choices During Training in Recreational, Amateur, and Professional Endurance Athletes: A Survey Analysis. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, p. 862396, 2022.

REIS, C. Z.; CARVALHO, A. J.; REDIG, R. A. M.; MESSIAS, L. C. P. A rapadura e o açúcar mascavo no Brasil. **Encontro De Gastronomia, Cultura e Memória**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de janeiro, 2020. p. 25-26.

ROPELLE, E. R.; PAULI, J. R.; CARVALHEIRA, J. B. C. Efeitos moleculares do exercício físico sobre as vias de sinalização insulínica. Motriz. **Revista de Educação Física**, v. 11, n. 1, p. 49-55, 2007.

ROSA, G. **Alimentos, Nutrição e Dietoterapia - Perguntas e Respostas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

ROSS, A. C.; CABALLERO, B.; COUSINS, R. J.; TUCKER, K. J.; ZIEGLER, T. R. **Nutrição Moderna de Shils na Saúde e na Doença**. 11ª ed. São Paulo: Editora Manole, 2016.

SAKAI, R. H. **Rapadura. A árvore do conhecimento cana de açúcar**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fjighhp202wyiv80sq98yqyvgmia8.html>. Acesso em: 01 set. 2023.

SANDA, A. C. M. M., SILVA, A. R. A., SILVA, T. L.; ORSINE, J. V. C. Desenvolvimento De Caldo De Cana Pasteurizado Adicionado De Frutas Ácidas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 1, p. 2064-2078, 2016.

SARWAR, M. A.; HUSSAIN, F.; NADEEM, M. A.; GHAFFAR, A.; BILAL, M.; UMER, M.; CHATTHA, A. A. Performance of Different Sugarcane Strains for Physico-Chemical Characteristics of Jaggery. **Journal of Agriculture & Social Sciences**, v. 5, n. 1, p. 40-42, 2009.

SILVA, J. T.; SOUZA, J. C.; SILVA, D. G. B.; BRITO, R. N.; SOUSA, K. M. O.; NASCIMENTO, E. C. L.; BRITO, A. M. S. S. Rapadura de Caldo de Cana Pura e com

Adição de Açúcar Refinado: Análise Físico-Química e Classificação por Espectroscopia NIRR e Quimiometria. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 4, p. 1318-1329, 2019.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S.; GOMES, R.A.R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. Varela: São Paulo, 2010, 624p.

Sociedade Brasileira de Medicina do Exercício e do Esporte (SBMEE). Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 3, 2009.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). **Food Research Center (FoRC)**. Versão 7.2. São Paulo, 2023. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em: 01 set. 2023.

TAKAHASHI, Y; MATSUNAGA, Y; YOSHIDA, H.; SHINYA, T.; SAKAGUCHI, R.; HATTA, H. High Carbohydrate Diet Increased Glucose Transporter Protein Levels in Jejunum but Did Not Lead to Enhanced Post-Exercise Skeletal Muscle Glycogen Recovery. Nutrients, v. 13, n. 7, p. 2140, 2021.

TAPPY, L.; LÊ, K. A. Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity. Physiological Reviews, v. 90, n. 1, p. 23-46, 2010.

THOMAS, D. T.; ERDMAN, K. A.; BURKE, L. M. Nutrition and athletic performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 3, p. 543-568, 2016.

TIWARI, G., SANJEEV, K.; PRAKASH, O. Avaliação do coeficiente de transferência de massa convectiva durante a secagem de açúcar mascavo. **Jornal de Engenharia de Alimentos**, v. 63, n. 2, p. 219-227, 2004.

US FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Questions and answers on dietary supplements. **Silver Spring, MD: Food and Drug Administration**, 2019.

VELÁSQUEZ, F.; ESPITIA, J.; MENDIETA, O.; ESCOBAR, S.; RODRÍGUEZ, J. Non-centrifugal cane sugar processing: A review on recent advances and the influence of process variables on qualities attributes of final products. **Journal of Food Engineering**, v. 255, p. 32–40, 2019.

VERA-GUTIÉRREZ, T.; GARCÍA-MUÑOZ, M. C.; OTÁLVARO-ALVAREZ, A. M.; MENDIETA-MENJURA, O. Effect of processing technology and sugarcane varieties on the quality properties of unrefined non-centrifugal sugar. **Heliyon**, v. 5, n. 10, e02667, 2019.

VIANA, M. O. **Análises físico-químicas de rapaduras produzidas em Areia-PB**. 2020. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2020.

VOLEK, J. S.; NOAKES, T.; PHINNEY, S. D. Rethinking fat as a fuel for endurance exercise. **European Journal of Sport Science**, v. 15, n. 1, p. 13-20, 2015.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods**: raw, processed, prepared. Washington: Consume and Food Economics Research. Divison/Agricultural Service, 1963.

WOLFE, R. R. The underappreciated role of muscle in health and disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 84, n. 3, p. 475–482, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Este documento que você está lendo se chama Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Ele contém explicações sobre o estudo que você está sendo convidado a participar. Antes de decidir se deseja participar (de livre e espontânea vontade), você deverá ler e compreender todo o conteúdo. Ao final, caso decida participar, você será solicitado a assiná-lo e receberá uma via do TCLE. Antes de assinar, faça perguntas sobre tudo que não tiver entendido bem. A equipe deste estudo responderá suas perguntas a qualquer momento (antes, durante e após o estudo). Sua participação é voluntária, o que significa que você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade, basta comunicar o pesquisador responsável.

ESCLARECIMENTOS SOBRE A PESQUISA

Título do projeto: Desenvolvimento e análise físico-química de gel de carboidratos à base de rapadura para reposição energética de atletas
Pesquisador responsável: Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão
Pesquisadores Assistentes: Marcos Antônio Pereira dos Santos e Leandra Caline dos Santos
Instituição/Departamento: Universidade Federal do Piauí – UFPI / Departamento de Nutrição
Telefones para contato: (86) 999899306 / (86) 98831-3654 / (89) 98133-2282 (inclusive a cobrar)

DESCRIÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa procura desenvolver e verificar a aceitação sensorial e intenção de compra de um gel de carboidrato à base de rapadura. Caso decida aceitar o convite, você será submetido aos seguintes procedimentos: será aplicado o teste de aceitação com escala hedônica estruturada, onde aos extremos haverá os termos ‘’1- desgostei muitíssimo’’ e ‘’9- gostei muitíssimo’’. Os atributos a serem avaliados serão aparência, aroma, sabor, consistência e qualidade global e, terão como finalidade analisar as características e a aceitação da amostra. Em seguida, nessa mesma ficha de avaliação sensorial será aplicada o teste de intenção de compra com escala estruturada de 5 pontos. Portanto, de forma resumida, caso aceite participar da pesquisa, você será submetido às seguintes situações: degustação do produto desenvolvido e preenchimento de um formulário (análise sensorial).

Os riscos envolvidos com sua participação são: possíveis efeitos intestinais indesejáveis em relação ao consumo do gel. Afim de excluir/minimizar os riscos supracitados, o teste será conduzido por profissionais experientes e habilitados. Mas, caso esse teste possa gerar algum tipo de desconforto ou constrangimento você não precisa realizá-lo. Ademais, é garantido assistência integral ao participante durante todos os processos e fases da pesquisa.

Esta pesquisa terá como benefício o esclarecimento acerca do desenvolvimento de novos produtos à base matérias-primas regionais. Com estes dados, poderemos compreender as práticas de consumo de CHO de atletas de resistência e os motivos que os levam a tais escolhas alimentares durante o treinamento, oportunizando nutricionistas e treinadores à potencializem técnicas de nutrição e educação esportiva para seus atletas.

Todas as informações obtidas serão sigilosas. O material com as suas informações ficará guardado em local seguro, com a garantia de manutenção do sigilo e confidencialidade e que será destruído após

a pesquisa. A divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os voluntários. Os resultados deste trabalho poderão ser apresentados em encontros ou revistas científicas, entretanto, ele mostrará apenas os resultados obtidos como um todo, sem revelar seu nome, instituição a qual pertence ou qualquer informação que esteja relacionada com sua privacidade.

Conforme previsto pelas normas brasileiras de pesquisa com a participação de seres humanos você não receberá nenhum tipo de compensação financeira pela sua participação neste estudo. Se você tiver algum gasto que seja devido à sua participação na pesquisa, você será ressarcido, caso solicite. Em qualquer momento, se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você terá direito a indenização.

Você ficará com uma cópia deste Termo e toda a dúvida que você tiver a respeito desta pesquisa, poderá perguntar diretamente para a avaliadora Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão, Telefone: (86) 999899306 e E-mail: amandacastronut@yahoo.com.br; Para Marcos Antônio Pereira dos Santos, Telefone: (86) 98831-3654 e Email: marcosedfisio@gmail.com; Ou Leandra Caline dos Santos, Telefone: (89) 98133-2282 e Email: leandrakaline25@gmail.com.

Dúvidas sobre a pesquisa envolvendo princípios éticos poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFPI, localizado no Campus Universitário Ministro Petrônio Portella - Bairro Ininga, Teresina-PI, CEP: 64.049-550, Tel: (86) 3237-2332, E-mail: cep.ufpi@ufpi.edu.br.

Reclamações e/ou insatisfações relacionadas à participação do paciente na pesquisa poderão ser comunicadas por escrito à Secretaria do CEP/UFPI, desde que os reclamantes se identifiquem, sendo que o seu nome será mantido em anonimato.

CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

Declaro que fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa intitulada **“Desenvolvimento e análise físico-química de gel de carboidratos à base de rapadura para reposição energética de atletas”**, dos procedimentos nela envolvidos, assim como dos possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isso me traga prejuízo ou penalidade.

Teresina, _____ de _____ de _____.

_____

Assinatura e CPF do participante

_____

Assinatura e CPF do Pesquisador responsável

APÊNDICE B

TESTE DE ESCALA HEDÔNICA

Você está recebendo uma amostra codificada de um gel de carboidrato. Se necessário, beba água entre uma degustação e outra. Coloque a nota para a característica de acordo com a escala abaixo:

9	Gostei muitíssimo
8	Gostei muito
7	Gostei moderadamente
6	Gostei ligeiramente
5	Nem gostei, nem desgostei
4	Desgostei ligeiramente
3	Desgostei moderadamente
2	Desgostei muito
1	Desgostei muitíssimo

Código	Nota

Comentários (opcional):

_____

_____

_____

_____

APÊNDICE C

INTENÇÃO DE COMPRA

Agora, utilizando a escala abaixo, assinale a alternativa segundo sua intenção de compra.

(5) Certamente compraria
(4) Possivelmente compraria
(3) Talvez compraria / talvez não compraria
(2) Possivelmente não compraria
(1) Certamente não compraria

Comentários (opcional):

_____

_____

_____

_____

APÊNDICE D

ANÁLISE DESCRITIVA-QUANTITATIVA

Prove cuidadosamente o produto que lhe está sendo apresentado e marque um traço na reta, caracterizando a intensidade percebida do atributo solicitado.

Este produto tem as seguintes características:

1. Aparência:

Imprópria Própria

2. Aroma:

Menos intenso Mais intenso

3. Sabor doce:

Menos intenso Mais intenso

4. Cor:

Mais clara Mais escura

5. Corpo:

Mais fino Mais espesso