



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

GABRIEL SOLINO COELHO

Malteação de grãos de arroz e aplicação na obtenção de cervejas

GOIÂNIA
2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFMG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFMG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

Gabriel Solino Coelho

3. Título do trabalho

MALTEAÇÃO DE GRÃOS DE ARROZ E APLICAÇÃO NA OBTENÇÃO DE CERVEJAS

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Solino Coelho, Discente**, em 10/04/2026, às 09:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Franciolo Vendruscolo, Professor do Magistério Superior**, em 10/04/2026, às 15:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6120182** e o código CRC **09520FA2**.

GABRIEL SOLINO COELHO

Malteação de grãos de arroz e aplicação na obtenção de cervejas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Franciolo Vendruscolo

GOIÂNIA
2026

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Coelho , Gabriel Solino
Malteação de grãos de arroz e aplicação na obtenção de cervejas
[Manuscrito] / Gabriel Solino Coelho. - 2026.
120 f.: 2026

Orientador: Prof. Dr. Francielo Vendruscolo
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos, Goiânia, 2026.

Anexo.
Apêndice.
Bibliografia.
Inclui: lista de figuras, lista de tabelas.

1. Malte de Arroz. 2. Cerveja de Arroz. 3. Maltes Especiais. 4. Análise Sensorial. 5. Nuvem de Palavras.

I. Vendruscolo , Francielo , orient. II. Título.

CDU 664



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **34/2026** da sessão de Defesa de Dissertação de **Gabriel Solino Coelho**, que confere o título de Mestre em **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, na área de concentração em **Ciência e Tecnologia de Alimentos**.

Aos onze dias do mês de março de dois mil e vinte e seis, a partir das 14h, por videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “MALTEAÇÃO DE GRÃOS DE ARROZ E APLICAÇÃO NA OBTENÇÃO DE CERVEJAS”. Os trabalhos foram instalados pelo orientador, Professor Doutor Francielo Vendruscolo (EA/UFG), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor Flávio Alves da Silva (EA/UFG), membro titular interno; e Doutor Edson Pablo da Silva (INPA), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Francielo Vendruscolo, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos onze dias do mês de março de dois mil e vinte e seis.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Francielo Vendruscolo, Professor do Magistério Superior**, em 11/03/2026, às 16:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flavio Alves Da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 11/03/2026, às 16:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **EDSON PABLO DA SILVA, Usuário Externo**, em 22/04/2026, às 14:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6043026** e o código CRC **6DD26529**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Wiviane e Marcio, pelos acessos e oportunidades concedidas, permitindo que eu pudesse concluir mais uma etapa da minha formação pessoal e profissional. Agradeço também a todos os meus familiares e amigos.

Ao meu orientador, Professor Franciolo Vendruscolo, por todos os direcionamentos, conselhos, conversas e cobranças quando necessárias. Pude aprender bastante durante essa etapa e levarei todos os ensinamentos comigo para os próximos passos da minha vida. Obrigado por tudo.

À minha namorada, Thayna, que sempre me deu suporte nos momentos difíceis e esteve ao meu lado, tornando tudo mais leve.

Minha gratidão a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e do curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, pelos auxílios, ajudas durante a realização das análises e pelos ensinamentos ao longo da minha formação.

Agradeço também aos técnicos do setor de Engenharia de Alimentos, Taís, Jussara, Anna Paula e Deivis, por todo o suporte. Vocês foram muito importantes.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pelo suporte financeiro essencial para o desenvolvimento desta pesquisa, por meio da bolsa de mestrado.

À Heide, Andreas, Cooperativa Agrária Agroindustrial e Maltes Centro-Oeste, pelo auxílio com as determinações analíticas dos maltes produzidos neste trabalho.

Por fim, e não menos importante, à Universidade Federal de Goiás, pelos valores ensinados e pela oportunidade de cursar o mestrado.

RESUMO

A cevada é o cereal tradicionalmente empregado na produção de malte para cerveja, porém o arroz surge como alternativa promissora para obtenção de produtos sem glúten e com perfis sensoriais diferenciados. O objetivo deste trabalho foi produzir maltes a partir de grãos de arroz, incluindo um malte base e dois maltes especiais, e aplicá-los na obtenção de cervejas, comparando-os a uma formulação padrão de cevada. Os grãos de arroz foram submetidos à maceração a 25 °C por 44 horas e germinação por 5 dias a 21 °C. A secagem foi realizada em estufa com binômio tempo vs. temperatura de 45, 50, 55 e 60 °C por 12 horas. Após crivagem manual, obteve-se o malte base. A partir deste malte, foram produzidos dois maltes especiais: malte caramelo 1, tostado em estufa a 120 °C por 180 min e malte caramelo 2 tostado em estufa a 180 °C por 120 min. As amostras dos maltes foram enviadas à Agraria Malte (Paraná) para caracterização físico-química. Quatro formulações de cerveja foram produzidas: uma com malte de cevada e três com maltes de arroz. A mosturação foi conduzida com binômio tempo vs. temperatura de 64 °C/60 min, 73 °C/20 min e 78 °C/10 min. A fermentação ocorreu a 12 °C, seguida de maturação a 5 °C. As cervejas foram envasadas em garrafas de vidro e descarbonatadas antes das análises. Foram avaliados os seguintes parâmetros físico-químicos: densidade original e final, cor, amargor, pH, acidez titulável, teor alcoólico, extrato real e primitivo. O perfil de voláteis foi determinado por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS), a análise sensorial foi realizada com provadores não treinados, com geração de nuvem de palavras. As formulações com malte de arroz apresentaram teores alcoólicos em torno de 2,2% v/v e elevados valores de extrato real (7,9% m/v). A formulação que levou 25% de malte caramelo 1 destacou-se pela detecção de acetato de isoamila, hexanoato de etila e octanoato de etila. A formulação controle apresentou fermentação completa (5,78% v/v) e perfil sensorial neutro. A análise sensorial evidenciou diferenças perceptíveis entre as formulações. A produção de maltes especiais de arroz mostrou-se promissora para obtenção de perfis sensoriais diferenciados.

Palavras-chave: malte de arroz; cerveja de arroz; maltes especiais; compostos voláteis; análise sensorial; nuvem de palavras.

MALTING OF RICE GRAINS AND APPLICATION IN BEER PRODUCTION

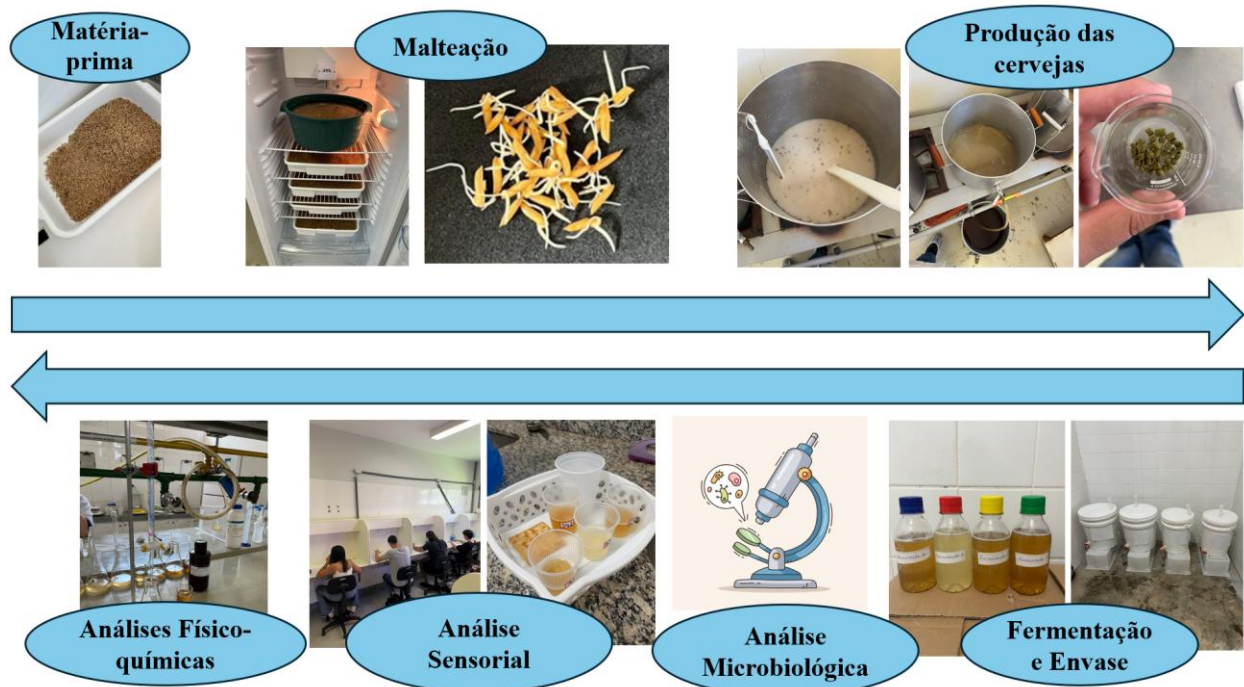
ABSTRACT

Barley is the cereal traditionally used in the production of malt for beer; however, rice has emerged as a promising alternative for obtaining gluten-free products with differentiated sensory profiles. The objective of this study was to produce malts from rice grains, including a base malt and two specialty malts, and apply them in beer production, comparing them to a standard barley-based formulation. Rice grains were subjected to steeping at 25 °C for 44 hours and germination at 21 °C for 5 days. Drying was carried out in an oven using a time vs. temperature binomial of 45, 50, 55 and 60 °C for 12 hours each. After manual sieving, the base malt was obtained. From this malt, two specialty malts were produced: caramel malt 1, roasted in an oven at 120 °C for 180 min, and caramel malt 2, roasted at 180 °C for 120 min. Malt samples were sent to Agraria Malte (Paraná, Brazil) for physicochemical characterization. Four beer formulations were produced: one with barley malt and three with rice malts. Mashing was conducted with a time vs. temperature binomial of 64 °C/60 min, 73 °C/20 min and 78 °C/10 min. Fermentation occurred at 12 °C, followed by maturation at 5 °C. The beers were bottled in glass bottles and decarbonated prior to analysis. The following physicochemical parameters were evaluated: original and final gravity, color, bitterness, pH, titratable acidity, alcohol content, real extract and original extract. The volatile profile was determined by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), and sensory analysis was performed with untrained panelists, with word cloud generation. The rice malt formulations presented alcohol contents around 2.2% v/v and high real extract values (7.9% m/v). The formulation containing 25% caramel malt 1 stood out for the detection of isoamyl acetate, ethyl hexanoate and ethyl octanoate. The control formulation presented complete fermentation (5.78% v/v) and a neutral sensory profile. Sensory analysis evidenced perceptible differences among the formulations. The production of specialty rice malts proved to be promising for obtaining differentiated sensory profiles.

Keywords: rice malt; rice beer; specialty malts; volatile compounds; sensory analysis; word cloud.

MALTING OF RICE GRAINS AND APPLICATION IN BEER PRODUCTION

GRAPHICAL ABSTRACT



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados do setor cervejeiro no Brasil em 2023.....	17
Figura 2. O ciclo da água.	19
Figura 3. Fluxograma das etapas desenvolvidas neste trabalho.	33
Figura 4. Maceração dos grãos de arroz em incubadora B.O.D.	35
Figura 5. Absorção de água dos grãos durante a maceração.	48
Figura 6. Grãos de arroz em diferentes momentos do processo de germinação; a) 24 horas; b) 96 horas e c) 120 horas.	49
Figura 7. Maltes de arroz produzidos neste trabalho. a) malte base de arroz; b) malte caramelo 1 obtido em estufa a 120°C e c) malte caramelo 2 obtido em estufa a 180°C.....	50
Figura 8. Aspecto visual das cervejas produzidas neste trabalho. Da esquerda para a direita: formulação com malte de cevada (tampa azul), formulação com 100% malte base de arroz (tampa vermelha), formulação com 25% de malte caramelo 1 (tampa amarela) e formulação com 15% de malte caramelo 2 (tampa verde).....	58
Figura 9. Nuvem de palavras gerada para as quatro cervejas produzidas nesse trabalho.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentrações de íons recomendada para alguns estilos de cerveja	21
Tabela 2. Características de alguns tipos de malte	23
Tabela 3. Características de algumas variedades de lúpulo.....	26
Tabela 4. Características de algumas cepas de levedura.....	29
Tabela 5. Ingredientes utilizados na produção das cervejas	40
Tabela 6. Características dos maltes em laudo emitido pela Agrária Malte	52
Tabela 7. Valores médios de L, <i>a</i> , <i>b</i> , <i>C</i> e H° para os maltes de arroz produzidos neste trabalho.	55
Tabela 8. Características físico-químicas das cervejas produzidas	55
Tabela 9. Perfil de compostos voláteis (área%, recalculados sem etanol) das diferentes formulações de cerveja	59
Tabela 10. Resultados da análise sensorial das cervejas produzidas neste trabalho	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 História da cerveja.....	13
2.2 Cervejas especiais	15
2.3 Matérias-primas.....	17
2.3.1 Água.....	18
2.3.2 Malte.....	20
2.3.3 Lúpulo.....	23
2.3.4 Levedura	26
2.4 Arroz.....	28
3 OBJETIVOS	31
3.1 Objetivo geral	31
3.2 Objetivos específicos.....	31
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Arroz.....	32
4.2 Malte de arroz.....	32
4.2.1 Maltes especiais de arroz.....	35
4.3 Caracterização dos maltes	36
4.3.1 Umidade.....	37
4.3.2 Cor	37
4.3.3 Poder diastático.....	37
4.3.4 Proteína	37
4.3.5 Free Amino Nitrogen.....	38
4.3.6 Friabilidade	38
4.3.7 α -amilase.....	38
4.3.8 β -glucanos.....	38
4.4 Cervejas.....	39

4.4.1	Ingredientes	39
4.4.2	Brassagem.....	40
4.4.3	Fermentação e maturação	41
4.4.4	Envase.....	42
4.4.5	Determinações analíticas	42
4.4.5.1	Descarbonatação	42
4.4.5.2	Densidade original e densidade final	42
4.4.5.2	Amargor	43
4.4.5.3	Cor.....	43
4.4.5.4	Acidez	43
4.4.5.5	Potencial hidrogeniônico	44
4.4.5.6	Teor alcoólico	44
4.4.5.7	Extrato real.....	44
4.4.5.8	Extrato primitivo.....	45
4.4.5.9	Compostos Voláteis	45
4.4.6	Análise microbiológica.....	46
4.4.7	Análise Sensorial	46
4.4.8	Análise Estatística.....	47
5	RESULTADO E DISCUSSÃO	48
5.1	Obtenção dos maltes de arroz.....	48
5.2	Determinações analíticas das cervejas	55
5.2.1	Compostos voláteis.....	59
5.3	Análise microbiológica	60
5.4	Análise sensorial	61
5.5	Nuvem de palavras	64
6	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
	ÂPENDICE A.....	76
	APÊNDICE B	77
	APÊNDICE C	80
	ANEXO A.....	82

ANEXO B.....	87
ANEXO C.....	89
ANEXO D.....	91
ANEXO E.....	93
ANEXO F.....	96
ANEXO G.....	101
ANEXO H.....	107
ANEXO I.....	112
ANEXO J.....	113
ANEXO K.....	114
ANEXO L.....	115

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é definida como a bebida resultante da fermentação do mosto de malte de cevada por levedura cervejeira, submetida a um processo de cocção e com adição de lúpulo. São estabelecidos requisitos como: água potável, malte e lúpulo como ingredientes obrigatórios, teor alcoólico superior a 2,0% em volume, no mínimo 55% em peso de malte de cevada e no máximo 45% de adjuntos cervejeiros (cereais não malteados, mel e ingredientes de origem vegetal fontes de amido e açúcares). É proibida a adição de qualquer tipo de álcool, de água fora da fábrica e de edulcorantes. No Brasil os padrões de identidade e de qualidade para os produtos de cervejaria são estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) por meio da Instrução Normativa N° 65/2019 (Brasil, 2019), que estabelece os parâmetros analíticos, processos produtivos, dos aditivos e coadjuvantes de tecnologia e rotulagem do produto.

O consumo mundial de cerveja atingiu cerca de 187 bilhões de litros em 2023, um aumento de 0,1% em relação ao ano anterior, segundo o relatório global de consumo de cerveja, publicado pela *Kirin Holdings Company Limited* (2024). A China aparece como o maior mercado consumidor de cerveja no mundo pelo 21° ano seguido, o país asiático consumiu 37,68 bilhões de litros, em 2° lugar aparece os Estados Unidos com 21,44 bilhões de litros consumidos, o Brasil ocupa o 3° lugar.

Os dados setor cervejeiro no Brasil são apresentados anualmente pelo MAPA no Anuário da Cerveja. A versão mais recente, publicada no ano de 2025 tem o ano de 2024 como referência. Neste documento, o Brasil conta atualmente com 1.949 cervejarias registradas, o que representa um crescimento de 5,5% em relação ao ano anterior. A região Sudeste lidera em número de estabelecimentos, com 889 unidades. Somente em 2024, foram registradas 102 novas cervejarias, e o setor ultrapassou a marca de 42 mil empregos diretos gerados, com uma produção superior a 15 bilhões de litros de cerveja. Embora não exista, atualmente, uma definição legal no Brasil que distinga oficialmente os termos "cerveja artesanal" e "cerveja especial", sua utilização já se consolidou no meio cervejeiro, refletindo diferentes abordagens de produção e posicionamento de mercado. De modo geral, atribui-se o termo "cerveja artesanal" a produções de escala limitada, com forte ênfase no processo manual e na experimentação, voltadas para a busca de sabores e

aromas diferenciados do que para fins estritamente comerciais. Por sua vez, o termo "cerveja especial" é comumente associado a produtos que, independentemente da escala, se destacam pela inovação e pelo afastamento dos estilos tradicionais de massa, explorando novas combinações de matérias-primas para criar perfis únicos de cor, sabor e aroma (Alves, 2020).

Com o crescimento do mercado cervejeiro é necessário que haja maior oferta de matérias-primas. Cerca de 50% de toda a cevada utilizada para produção de maltes no Brasil é importada, o que abre espaço para o uso de outros cereais na produção de maltes. No continente africano é comum a produção de malte de sorgo como uma alternativa ao malte de cevada, devido à baixa disponibilidade da cevada e alta disponibilidade do sorgo (Gasinski, 2023). Assim, o Brasil como um dos maiores produtores de arroz no mundo pode preencher essa lacuna explorando a viabilidade técnica do malte de arroz, viabilizando sua malteação e apresentado assim uma alternativa do mercado interno para produção de cervejas.

Estudos desenvolvidos indicam potencial da utilização do arroz na produção de cerveja, mas desafios como baixa atividade enzimática, baixa fonte de nitrogênio, alta temperatura de gelatinização e necessidade de protocolos adaptados exigem investigação. Cervejas de arroz costumam apresentar teores alcoólicos menores, entre 2 e 3%, um perfil sensorial neutro, com coloração pálida, baixa retenção de espuma e corpo leve. Porém esses atributos podem ser incrementados a partir da produção de maltes especiais de arroz, que contribuem como novos aromas, sabores, boa retenção de espuma e corpo mais robusto. O uso do arroz pode contribuir com bebidas apresentando novas características sensoriais, mais sutis e com melhor “*drinkability*”, porém as barreiras técnicas precisam ser superadas (Mayer *et al.*, 2014; Ceccaroni *et al.*, 2019).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 História da cerveja

A possibilidade de cultivar cereais como trigo, sorgo, cevada, entre outros, foi possivelmente o principal fator que levou o ser humano pré-histórico a deixar a vida nômade e não precisar viver se locomovendo em busca de alimento. No ano 9000 a.C., no Oeste da Ásia surgiram os primeiros campos de cultivo de cevada e trigo selvagem, onde com o passar do tempo, os agricultores passaram a produzir pão e cerveja a partir desses grãos. Acredita-se que a descoberta da cerveja tenha acontecido por acaso, uma vez que era comum os agricultores deixarem os grãos armazenados em vasos. Possivelmente uma chuva umidificou os grãos e a partir da fermentação com microrganismos presentes no ambiente tiveram acesso ao que conhecemos hoje como cerveja. Existem evidências como desenhos rupestres e símbolos pré-históricos que mostram a produção de uma bebida semelhante a cerveja. A vila Neolítica de Jiahu e a Mesopotâmia (Hoje norte da China e Iraque, respectivamente) são os locais com indicativos mais antigos da presença de bebidas fermentadas, desde o ano 5000 a.C. (Morado, 2017).

O “Hino a Ninkasi” é o primeiro registro escrito conhecido sobre cerveja, datado da antiga Mesopotâmia em 1800 a.C., onde a fabricação de cerveja era a única profissão que se invocavam deuses em busca de proteção e assistência. Ninkasi foi a deusa Suméria da fabricação de cerveja e o hino, além de a elogiar, fornece uma receita para fabricação da bebida com pão de cevada. Na antiga Mesopotâmia as mulheres eram responsáveis pela fabricação de cerveja e tinham permissão para abrir suas próprias tavernas, com jurisdição concedida pelo Código de Hamurabi. No Egito antigo a fabricação de cerveja era vista como uma tarefa doméstica e realizada principalmente por mulheres. Na idade média as mulheres fabricavam e vendiam a maior parte da cerveja consumida na Europa, principalmente em países como Inglaterra, Holanda, Dinamarca, Alemanha e Bélgica (Bennett, 1996; Richard, 2020).

A cerveja foi muito importante para a sociedade Egípcia, escritas cuneiformes datadas de 2100 a.C., mostram que a bebida era usada como base para diversos medicamentos à base de ervas e especiarias, como sedativo moderado, fazia parte da rotina dos Faraós e era considerada uma

ótima oferenda aos Deuses. Durante a construção das pirâmides no Egito, em 2500 a.C., a cerveja foi utilizada como moeda de pagamento, cada trabalhador recebia 3 bolos de pães e cerca de 4 litros de cerveja (Baines, 2008; Carneiro, 2010; Escohotado, 1994).

Um fato de extrema importância na história da cerveja foi a promulgação da Lei da Pureza Alemã (*Reinheitsgebot*) em 1516 pelo Duque Guilherme IV da Baviera, que limitava a produção de cerveja à água, malte de cevada e lúpulo, com incorporação da levedura após sua descoberta científica por *Louis Pasteur* no século XIX. O objetivo da lei era evitar adulterações além de garantir padronização de qualidade das cervejas alemãs tradicionais, essa limitação no uso de outras matérias primas para a produção da bebida, acabou trazendo uma limitação de inovação em novos estilos e uso adjuntos, fazendo com que a escola cervejeira alemã se tornasse uma das mais tradicionais. Apesar de continuar em vigor até os dias atuais, com um *status* mítico, houve uma flexibilização para o uso de trigo ou malte de trigo na produção das *weissbier*, cervejas que levam até 50% de trigo e um dos estilos mais consumidos no país (Kunze, 2004).

Em 1816 o físico e engenheiro alemão *Carl von Linde* desenvolveu um mecanismo de refrigeração por compressão a base de amônia para produção de cervejas de baixa fermentação, que necessitavam de temperaturas mais baixas (em torno de 14°C) para sua produção, esse sistema foi desenvolvido para a cervejaria *Spaten*, localizada em Munique na Alemanha. Essas cervejas dependiam de fontes naturais de resfriamento e eram produzidas apenas em algumas localidades e em épocas sazonais, quando as temperaturas estavam mais amenas. A partir da invenção da refrigeração mecânica foi possível que as cervejas *Lagers* fossem produzidas em diferentes regiões, fazendo com que aumentasse seu volume de produção e conseqüentemente com que esse estilo de cerveja chegasse até mais pessoas, aumentando assim o seu consumo. A invenção de *Carl von Linde* serviu de base para a criação dos refrigeradores domésticos a partir da década de 1910, com a substituição da amônia por gases refrigerantes mais seguros (Banforth, 2009).

Em meados do século XIX, a cidade de Londres, capital da Inglaterra sofreu com um surto de cólera, doença pouco compreendida à época, que era atribuída a poluição do ar. No entanto, o médico britânico *John Snow* conseguiu associar transmissão da doença a ingestão de água contaminada, destacando um poço localizado na *Broad Street*, como o epicentro da cólera. O médico conseguiu relacionar o consumo da água contaminada com a infecção ao observar que os trabalhadores das cervejarias próximas ao poço não eram contaminados com o vírus da doença, já que bebiam cerveja ao invés da água. Embora a água fosse utilizada na produção da bebida,

passava pelo processo de fervura, eliminando assim a contaminação e os livrando da doença (Johnson, 2006).

Séculos antes da chegada dos europeus na América do Sul, evidências mostram que os incas já bebiam uma bebida fermentada feita a partir de grãos de milho, equivalente ao que temos hoje como cerveja. A cerveja chegou no Brasil apenas em 1808 trazida pela família real quando veio de mudança. Antes dessa chegada a bebida não era consumida aqui pois os portugueses temiam uma grande perda na venda de seus vinhos. As bebidas mais consumidas na colônia eram o “Gengibirra” e “Caramuru”, ambas fermentadas e obtidas a partir do milho e gengibre e com açúcar, água e limão (Coutinho, 2016).

Atualmente a cerveja atende a padrões de qualidade e identidade que são definidos por regulamentações técnicas, parâmetros físico-químicos e atributos sensoriais. No Brasil esses padrões são estabelecidos pela Instrução Normativa número 65/2019 do Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2019) que traz as classificações e denominações do produto, determina os ingredientes permitidos e proibidos e estabelece padrões de rotulagem para a cerveja. Padrões internacionais podem ser utilizados para critérios específicos para estilos de cerveja, como o *Beer Judge Certification Program* (BJCP) que estabelece parâmetros de cor, amargor, extrato original e final, teor alcoólico e perfis sensoriais.

2.2 Cervejas especiais

As cervejas especiais também são chamadas de cervejas artesanais, embora apresentem diferenças principalmente em relação a forma de produção e de comercialização. O termo “cervejas especiais” se referem as bebidas produzidas em menor escala quando comparadas com as cervejas comerciais produzidas pelas grandes indústrias. Esse termo teve origem nos Estados Unidos, na década de 1990, para designar as cervejas produzidas por microcervejarias, chamadas na língua inglesa de “*Craft beer*”. Essas cervejarias de menor porte e capacidade de produção passaram a produzir cervejas que não eram produzidas e comercializadas pelas grandes cervejarias, abrindo assim um novo nicho de mercado. Na Europa, as cervejarias históricas sempre produziram as cervejas de estilos diferentes e não tão conhecidas no Brasil, que passaram a ser mais populares após a produção e comercialização pelas cervejarias de menor porte. Acontece que a partir da

ascensão desse mercado as cervejarias que produziam apenas os estilos mais comerciais, passaram a ter em seu portfólio as cervejas chamadas de especiais, principalmente adquirindo microcervejarias que estavam se destacando nesse cenário considerado novo. (Freitas, 2023).

O mercado de cervejas especiais vem ganhando a preferência dos consumidores de cerveja, conquistando cada vez mais espaço no mercado da bebida, esse público busca inovação e experiências diferenciadas, buscando estilos de cerveja ainda não conhecidos, com variação de sabor, cor, aroma, adição de frutas, especiarias e novas combinações entre as matérias-primas (Alves, 2020; Madeira, 2015). A diferenciação das cervejas é feita a partir do tipo de fermentação que a bebida é submetida, as de baixa fermentação, também conhecidas como *Lagers* são fermentadas em temperaturas mais baixas (entre 9 e 15°C), as de alta fermentação, *Ales*, são fermentadas entre 18 e 24°C. Tem-se também as cervejas de fermentação espontânea, conhecidas como *Lambic* (Senai, 2014).

As principais escolas cervejeiras do mundo são: alemã (inclui também a República Tcheca), inglesa, belga, americana e a mais recente: a escola brasileira. Enquanto as outras escolas cervejeiras são bem tradicionais e com diversos estilos, a escola brasileira conta com apenas um estilo, a Catharina Sour, uma cerveja leve, com alta acidez e adição de frutas, a depender da região produzida e da oferta de frutas locais (Feitosa, 2022).

O anuário da cerveja elaborado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2025), é um documento que apresenta estatísticas do registro de estabelecimentos, registro de produtos, caracterização de produções e informações sobre importação e exportação. A versão de 2025 tem como referência o ano de 2024 e segundo o documento o país apresentou um aumento de 6,8% no registro de novos estabelecimentos quando comparado com o ano de 2023, saltando de 1.847 cervejarias para 1.949, na Figura 1 apresenta-se alguns números do setor cervejeiro no Brasil. O documento traz também informações sobre a produção da bebida pelas cervejarias. Cerca de 99,63% do volume produzido é do tipo *Lager*, principalmente *Lager Leve Clara*, entre as do tipo *Ale* tem-se: *IPA*, *Bitter* inglesa, *Pale Ale*, *Red Ale*, *Saison*, *Stout*, entre outras. Houve um aumento considerável na produção e consumo de cerveja sem álcool ou desalcoolizada no país, saindo de 0,8% em 2023 para 4,9%, totalizando cerca de 750 milhões de litros. De acordo com a legislação nacional, para a cerveja ser considerada sem álcool ou desalcoolizada deve possuir teor alcoólico inferior ou igual a 0,5% em volume a 20°C. O volume total de cerveja produzido no Brasil no ano de 2024 foi de mais de 15 bilhões de litros, sendo a região Sudeste a maior produtora da bebida

com 55% da produção (cerca de 8,4 bilhões de litros), e a região Norte a menor produtora com 1,4% da produção (221,37 milhões de litros).

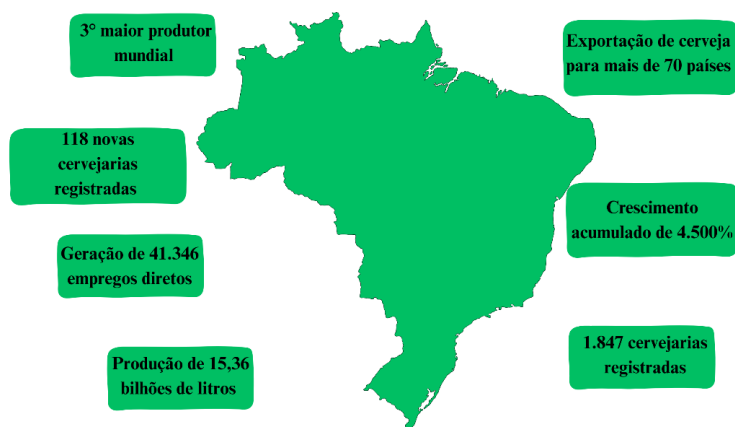


Figura 1. Dados do setor cervejeiro no Brasil em 2023.

Fonte: Adaptado de Brasil (2024).

Com o crescimento do mercado cervejeiro no Brasil, é esperado cada vez mais que o número de consumidores adeptos as cervejas especiais aumentem, assim como a quantidade produzida e número de diferentes tipos de cervejas, surgindo assim novas cervejarias para acompanhar o aumento da demanda.

2.3 Matérias-primas

A qualidade e as características de uma cerveja são definidas, primeiramente, pelas matérias-primas empregadas em sua fabricação. Esta seção dedica-se a descrever os componentes fundamentais do processo cervejeiro. A cerveja, em sua essência, é o produto da transformação de quatro ingredientes fundamentais: água, malte (cereal germinado e seco), lúpulo e levedura. A qualidade, o tipo e as proporções de cada um definem de forma decisiva as características sensoriais (como sabor, aroma, cor e corpo), a estabilidade e a identidade do estilo final da bebida.

2.3.1 Água

A água corresponde a mais de 90% da composição da cerveja e, por conta disso, tem um alto impacto no processo de produção, sendo uma importante variável para o sabor final da bebida. Esse insumo é utilizado também em outras partes do processo, como limpeza, lavagem, geração de vapor e resfriamento. Seu consumo é estimado em cerca de 5 litros para cada litro de cerveja produzida, mas já foi maior, chegando até 12 litros de água para cada litro de cerveja. Para cada etapa do processo necessita-se de uma água com um perfil específico. Com o avanço da tecnologia, desenvolvimento de novos equipamentos e reaproveitamento da água no processo foi possível reduzir esse volume (Senai, 2014; Silva, 2005).

O planeta Terra apresenta água em três estados físicos: líquido, sólido e gasoso, sendo pouco mais de 0,5% da água total considerada potável para o consumo humano. O Brasil é o líder mundial em reserva de água doce. Com 8% do total, é estimado que o país tenha 112 bilhões de m³ de água doce subterrânea, de onde se origina a maior parte das águas minerais. O processo de mineralização das águas ocorre durante o percurso do líquido através de fendas e fissuras de rochas e pelos poros do solo, onde atravessam zonas biologicamente ativas e solubilizam minerais através do ácido carbônico. Concentração das soluções, temperatura, pressão de gás carbônico e metabolismo de microrganismos determinam o grau de mineralização da água (Sleiman; Venturini, 2010). O ciclo da água ou ciclo hidrológico descreve a circulação das águas na atmosfera, superfície terrestre e subsolo, como mostrado na Figura 2. Esse processo ocorre de forma contínua e engloba a evaporação das águas superficiais, a transpiração vegetal, formação das nuvens através da condensação, precipitação (chuvas) e escoamento superficial e subterrâneo. A água que infiltra o subsolo pode ser armazenada em aquíferos na forma de água subterrânea ou retornar aos rios, e oceanos. Esse ciclo pode ser considerado o grande regulador do clima e do equilíbrio ecológico do planeta, sendo de extrema importância para nosso ecossistema e para a existência humana (Tucci, 2018).

De acordo com dados disponibilizados no Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil elaborado pela Agência Nacional de Água (2024), as águas subterrâneas são responsáveis pela manutenção das águas superficiais e por esse motivo somente uma parcela das águas subterrâneas são consideradas disponíveis, ficando a outra parte destinada a manutenção da vazão dos rios. A distribuição e disponibilidade das águas subterrâneas nacionais não é uniforme, por isso algumas regiões sofrem com a escassez de recursos hídricos enquanto outras regiões possuem

água em abundância. Em dezembro de 2023 o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) registrava um total de 369.916 poços espalhados pelo Brasil, um aumento de 3,5% em relação ao mesmo período de 2022. O monitoramento das águas subterrâneas ainda está em estágio inicial e se mostra importante pois esses mananciais se apresentam como reservas estratégicas em períodos de estiagem. Um dos mananciais mais importantes para o ciclo hidrológico brasileiro é o Sistema Aquífero Urucuia (SAU), garantindo a perenidade de diversos rios do oeste baiano, afluentes do Rio São Francisco e ainda projetos de irrigação, também apresentam grande importância os sistemas aquíferos do Amazonas, Guarani, Serra Grande e Furnas.

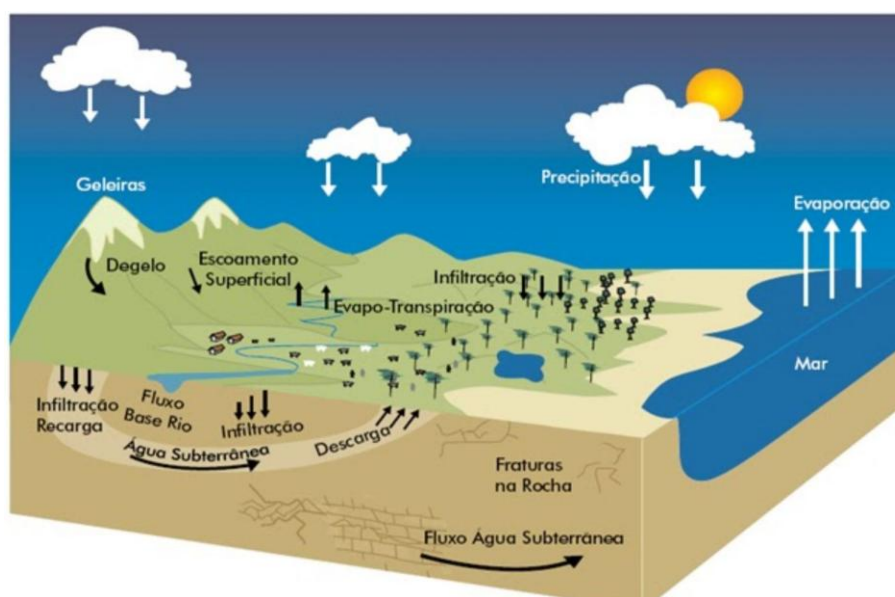


Figura 2. O ciclo da água.

Fonte: Companhia de Saneamento Municipal, [sd].

Para a produção de cerveja é de extrema importância que a composição química e biológica da água seja conhecida, toda etapa do processo produtivo da bebida é influenciada pela composição da água utilizada. As cervejarias utilizam no processo água da rede pública ou de seus próprios poços e o tratamento da água ocorre em dois pontos: tratamento da água bruta para atendimento aos critérios legais e tratamento da água potável devido as exigências dos estilos a serem produzidos, respeitando assim uma padronização de água para cada estilo, já que cervejas produzidas em localidades diferentes, por fábricas diferentes terão águas com perfis diferentes de sais e concentrações. A padronização envolve controle de parâmetros físico-químicos e

microbiológicos. Dentre os fatores químicos pode-se citar a composição dos principais íons: Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Bicarbonato (HCO_3^-), Sulfato (SO_4^{2-}) e Cloreto (Cl^-), esses íons influenciam realçando sabor maltado, doce e amargo, reduzindo o pH da mostura, estabilizando enzimas e na floculação de leveduras. Parâmetros físicos: pH, alcalinidade e dureza, que é definida como a soma dos íons Cálcio e Magnésio (Krottenhaler; Glas, 2009; Kunze, 2004). A Tabela 1 traz a concentração de íons recomendada para alguns estilos de cerveja.

Tabela 1 – Concentrações de íons na água recomendada para alguns estilos de cerveja.

Estilo	Concentração de íons (mg/L)			
	Cálcio	Magnésio	Sulfatos	Cloretos
<i>Pilsen</i>	7	2 - 8	5 - 6	5
<i>Light Lager</i>	35 - 55	5 - 10	65 - 85	30 - 50
<i>Pale Ale</i>	100 - 250	20	300 - 425	30 - 50
<i>IPA</i>	60 - 120	10	180 - 300	25 - 50
<i>Red Ale</i>	25 - 50	10	35-70	60 - 90
<i>Stout</i>	60 - 120	5 - 10	35 - 110	20 - 30

Fonte: Adaptado de Senai (2014).

2.3.2 Malte

O cultivo de cevada (*Hordeum vulgare*) é um dos mais importantes em todo mundo, esse cereal pode ser destinado para diversas aplicações, dentre elas: alimentação animal (cerca de 50%), produção de cerveja (40%), sendo uma pequena parte destinada para o fornecimento de alimentos para humanos, 10%. É o quarto cereal mais plantado em todo o mundo, ficando atrás apenas do trigo, arroz e milho (FAOSTAT, 2022). Quando o grão é destinado para a produção de malte, que posteriormente será utilizado na produção de cerveja é desejado que tenha um conteúdo de proteína entre 10 e 12%, a depender da variedade e da região plantada, a cevada possui um conteúdo de proteínas entre 8 e 30% (Izydorczyk; Edney, 2017).

O ingrediente básico para a produção de cerveja é o malte de cevada ou de trigo (Hager *et al.*, 2014). A produção de cevada no Brasil começou sua expansão da década de 1970, apoiada pela indústria cervejeira, que fomentou a produção nacional devido à alta demanda do setor cervejeiro. A produção saltou de 1.018 kg/ha em 1976 para 3.812 kg/ha no ano de 2021, nesse mesmo período, a produção nacional anual passou de 95 mil toneladas para 425 mil toneladas (Antunes, 2022).

A cevada, um dos principais ingredientes para a produção de cerveja, deve atender a uma série de requisitos de qualidade estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) por meio da Portaria nº 691, de 22 de novembro de 1996, sendo classificada em classes e tipos. Os atributos de qualidade avaliados incluem: teor de umidade, matéria estranha e impurezas, poder germinativo, teor de proteínas e grãos avariados (Brasil, 1996).

A malteação é o processo em que ocorre a transformação de um grão (cevada, arroz, trigo, centeio) em malte, durante o processo ocorre a ativação enzimática do grão, deixando assim o amido disponível para a fabricação de cerveja. Esse processo é dividido em 5 etapas: limpeza e seleção, maceração, germinação, secagem e crivagem. Na etapa de limpeza e seleção, os grãos que serão malteados são separados de sujeiras, pós, cascas, pedras, grãos quebrados e classificados pelo tamanho para que o processo de malteação ocorra de maneira uniforme, depois são imersos em solução clorada 100 ppm por 20 min para sanitização. Durante a maceração os grãos devem atingir cerca de 45% de umidade e para isso são imersos em água. Para uma melhor absorção, são alternados períodos em água e sem a presença de água. Esse processo tem como objetivo fornecer oxigênio suficiente para o embrião, remover inibidores de crescimento, lavar os grãos e aumentar a umidade para o início da germinação (Senai, 2014).

A germinação dos grãos deve ser feita em condições controladas de temperatura, umidade e oxigênio, esse processo é responsável pela síntese e ativação de várias enzimas e ocorre no endosperma e na camada de aleurona do grão. As principais enzimas que são ativadas são: amilases, proteases e β -glucanases. As amilases são responsáveis pela quebra do amido em açúcares menores, já as proteases pela quebra das proteínas em cadeias menores, que contribuem para a melhora da turbidez e como fonte de nutrientes para as leveduras, as β -glucanases quebram os β -glucanos, deixando o mosto menos viscoso e melhorando a filtração. Ao fim da germinação os grãos são submetidos a secagem para reduzir a umidade até em torno de 5% e assim serem armazenados em silos até sua comercialização. A crivagem do malte é a etapa final do processo

de maltagem, realizada após a secagem e resfriamento do "malte verde", cujo objetivo principal é a remoção mecânica das partes não desejáveis do grão germinado. Isso inclui, principalmente: radículas (raiz embrionária) e fragmentos de cascas (Kunze, 2014). Na Tabela 2 observam-se características de alguns maltes e as respectivas aplicações.

Tabela 2 – Características de alguns tipos de malte.

Malte	Cor (EBC)	Quantidade	Perfil de Aroma e Sabor	Estilos Utilizados
<i>Pilsen</i>	3 - 4	Até 100%	Leve dulçor, neutro	Pode ser utilizado em todos os estilos
<i>Pale Ale</i>	6	Até 100%	Notas de pão, frutas secas e mel	Pode ser utilizado em todos os estilos
<i>Muniqué</i>	20 - 25	Até 100%	Dulçor intenso, notas de pão, realça o sabor maltado	<i>Bock, Red Ale, Porter, Brown Ale</i>
<i>Vienna</i>	7,5 - 10	Até 100%	Notas de frutas secas e mel	<i>Marzen, Vienna Lager, Altbier</i>
<i>Carahell</i>	26	Até 15%	Notas doces, maltadas e de caramelo	<i>Muniqué Helles, Weissbier, IPA, English IPA</i>
<i>Carared</i>	45	Até 25%	Notas de caramelo, adocicadas e mel	<i>Weissbier, IPA, Red Ale, Baltic Porter</i>
<i>Caraamber</i>	70	Até 20%	Notas de <i>Toffe</i> , caramelo e pão	<i>Strong Bitter, Baltic Porter, IPA, APA</i>
<i>Caraaroma</i>	400	Até 15%	Notas aromáticas tostadas, nozes, frutas secas	<i>Porter, Stout, Brown Ale, Red Ale, Dark Mild Ale</i>
<i>Caramunich II</i>	115	Até 10%	Caramelo bem pronunciado e massas doces	<i>Helles Bock Red Ale, Porter, Stout</i>
<i>Carafa Special I</i>	900	Até 5%	Notas de café, cacau e chocolate amargo	<i>Vienna Lager, Stout, Porter, English IPA</i>
<i>Carafa Special III</i>	1300	Até 5%	Notas de café, cacau e chocolate amargo	<i>Stout, Porter, Schwarzbier, Black IPA</i>

Fonte: Adaptado de Weyermann (2025).

Os maltes podem ser classificados em dois tipos: maltes base e maltes especiais. Os maltes base são produzidos em temperaturas mais baixas de secagem, entre 45 e 95 °C, e por isso apresentam coloração mais clara. Já os maltes especiais são submetidos a temperaturas mais altas, de 95 a 220°C e apresentam colorações diversas. Enquanto uma cerveja pode ser produzida com até 100% de malte base, os maltes especiais são utilizados em quantidades menores, cerca de 10%

do malte total utilizado. Os maltes base apresentam uma atividade enzimática maior em relação aos especiais, devido ao seu programa de secagem otimizado, que preserva as enzimas sintetizadas durante o processo de malteação (Ceccaroni *et al.*, 2019).

Segundo o anuário da cerveja, divulgado pelo MAPA (2024), 29% da produção de cerveja nacional foi declarada como puro malte ou 100% malte, ou seja, sem adição de adjuntos. Do total de cerveja produzido no país, cerca de 2,8 bilhões de litros foram fabricados com maltes produzidos no Brasil e 3,8 bilhões de litros com malte importado.

2.3.3 Lúpulo

O lúpulo é um dos quatro ingredientes fundamentais na produção de cerveja, sendo cultivado predominantemente no hemisfério norte, em regiões tradicionais da Europa, Ásia e América do Norte. Nos últimos anos sua produção se estendeu para alguns outros países como Austrália, Brasil, Argentina e África do Sul (Krofta; Mikyska; Vrza, 2024). Com nome científico *Humulus lupulus* L., o lúpulo é uma planta trepadeira da família da *Cannabis*, perene e dioica, sendo a planta do sexo feminina utilizada para a produção da cerveja. É rico em resinas que contém as substâncias de amargor (α e β ácidos) e em óleos essenciais, compostos bastante aromáticos que conferem essa característica para a bebida. Ao contrário dos óleos essenciais que são extremamente voláteis e devem ser adicionados nos momentos finais da fervura ou na parte fria do processo de produção de cerveja, as resinas que contém os α e β -ácidos devem ser adicionadas no início da fervura para que ocorra isomerização dos α -ácidos e assim sejam formados os compostos que irão conferir amargor à bebida (Kunze, 2004).

O uso do lúpulo não se restringe apenas à produção de cerveja. Também é utilizado na indústria de cosméticos para fabricação de creme de pele, sabonetes, condicionadores de cabelo e fragrâncias para o banho. Devido a suas propriedades antioxidantes, antibacterianas e antimicrobianas é utilizado na medicina há mais de 2000 anos. Podem ser utilizados na culinária na forma de brotos ou de folhas, principalmente para o preparo de saladas. Seu uso vem sendo implementado na alimentação animal, principalmente para bovinos, aves e caprinos devido a ação antibiótica dos β -ácidos (Guimarães, 2020).

Para a produção de cerveja é importante que se tenha conhecimento sobre as resinas amargas e substâncias de aroma do lúpulo escolhido, essas características sofrem variação a depender da variedade, safra, época de colheita, secagem e armazenamento. Seu uso pode ser feito

em forma de flor (cones), *pellets* (flores de lúpulo secas, trituradas e prensadas) ou na forma de extrato já isomerizado. Já foram identificados mais de 300 compostos voláteis, responsáveis pelos aromas, nas variedades existentes, sendo o mirceno o terpeno encontrado em maior quantidade nas plantas (17 a 37%). Esse composto é classificado como um monoterpene e fornece aromas terrosos e levemente cítricos, podendo ser levemente apimentado. Os polifenóis presentes no lúpulo podem ser de alto peso molecular, influenciando no aumento da cor da cerveja, causando amargor adstringente, instabilidade coloidal e turbidez ou de baixo peso molecular, protegendo a cerveja da oxidação e melhorando a estabilidade do sabor (Krottenthaler, 2009).

Os maiores produtores mundiais de lúpulo são os Estados Unidos e a Alemanha, países que figuram como principais origens das importações brasileiras da planta, seguidos por Reino Unido e China, os números médios anuais para o período de 2014 a 2023 chegaram a quase 2 toneladas e 20 milhões de dólares em importação. No ano de 2023, dos mais de 15 bilhões de litros de cerveja produzidos no Brasil, pouco mais de 41 milhões de litros foram produzidos utilizando lúpulos nacionais. A produção de lúpulo no Brasil teve seu início na segunda metade do século XIX e tem importância não somente em aspectos econômicos, mas também em qualidade, preservando seus óleos essenciais, melhorando o rendimento e contribuindo com um produto mais aromático. Embora ainda não conte com estatísticas oficiais, a produção nacional, tem estimativas de 50 variedades cultivadas e 17 viveiros de mudas, uma área em torno de 200 hectares destinadas para sua plantação e 29 toneladas de produção anualmente. Os estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul concentram as maiores áreas de cultivo. Para o crescimento do setor é de extrema importância a otimização do sistema de cultivo, colheita, secagem, processamento e armazenamento do lúpulo (Brasil, 2022; Brasil 2024; Sampaio, 2019). Na Tabela 3 observa-se algumas variedades de lúpulos e suas características.

Tabela 3 – Características de algumas variedades de lúpulo.

Variedade	α -Ácidos (%)	Óleo Total (mL/100g)	Origem	Perfil de Aroma e Sabor	Estilos Utilizados
<i>Amarillo</i>	6,7 - 11	1,9	Estados Unidos	Frutado e intenso, notas de damasco, pêssego, melão e notas cítricas	<i>IPA, APA, Hop Lager, Cream Ale</i>
<i>Citra</i>	11- 14,3	2,8	Estados Unidos	Frutado e cítrico intenso, com notas de laranja, manga, abacaxi e groselha	<i>APA, IPA, Lagers, New England IPA</i>
<i>Columbus</i>	13,9 - 17,5	4,5	Estados Unidos	Notas herbais, de frutas doces e cítricas	<i>APA, IPA, Cream Ale, Lagers</i>
<i>Fuggle</i>	3 - 6,5	1,1	Reino Unido	Notas amadeiradas e picante com um pouco de frescor	<i>English IPA, APA, Brown Ale, Stout</i>
<i>Galaxy</i>	12,3 - 19,8	3,3	Austrália	Notas de groselha, morango, mirtilo e amora, notas picantes de anis e herbal	<i>IPA, APA, Red IPA, New England IPA</i>
<i>Hallertau Mittelfrueh</i>	2,3 - 6,6	1,5	Alemanha	Notas amadeiradas e picantes combinadas com groselha e limão	<i>Altbier, Belgian Blong Ale, Bock, Weissbier</i>
<i>Herkules</i>	12,4 - 22,9	2,1	Alemanha	Notas herbais e picantes com amargor bem neutro	<i>Pilsen, Bock, Stout, Porter</i>
<i>Saaz</i>	1,4 - 7,5	0,7	República Tcheca	Picantes e amadeirados com notas leves florais e doces	<i>Saison, German Pils, Witbier, Weissbier</i>
<i>Sorachi Ace</i>	11,5 - 14,5	4	Japão	Doce e frutado com notas de laranja, suco de frutas vermelhas e limão	<i>IPA, Saison, Weissbier, Witbier</i>
<i>Target</i>	8,5 - 13,5	1,6	Reino Unido	Notas amadeiradas, de folha de tabaco, conhaque, leves notas de baunilha	<i>English IPA, English Strong Bitter, Porter</i>
<i>Tettnanger</i>	1,9 - 5,5	0,6	Alemanha	Predominam aromas amadeirados, amêndoas e notas frutadas de mirtilo	<i>Weissbier, Kolsch, Belgian Ale</i>
<i>Vic Secret</i>	14 - 21,6	2,9	Austrália	Notas de limão, toranja, morango, picante com gengibre, herbal e resinoso	<i>IPA, APA, Red IPA, New England IPA</i>
<i>Willamette</i>	3,8 - 6,5	1,7	Estados Unidos	Predominam notas resinosas e amadeiradas, com nuances cítricas	<i>English IPA, English Strong Bitter, Porter</i>

Fonte: Adaptado de BarthHaas (2025)

2.3.4 Levedura

O sabor da cerveja é influenciado por diversas variáveis que vão desde a matéria-prima até o processo produtivo da bebida. As leveduras utilizadas na produção de cerveja têm grande impacto no seu sabor final, devido aos compostos produzidos durante a fermentação (Carvalho; Bento; Silva, 2006). As leveduras são organismos eucariontes, incluídos no domínio Eukarya e pertencentes ao Reino Fungi, são amplamente utilizadas na indústria de alimentos no setor de panificação, produção de bebidas alcoólicas destiladas e não destiladas. A fermentação alcoólica que ocorre durante a produção de bebidas fermentadas é realizada por esses microrganismos, que consomem o açúcar disponível e produzindo como subprodutos o álcool e o gás carbônico, além de outros compostos secundários (Ribéreau-Gayon, 2006).

As leveduras utilizadas na produção de cerveja são majoritariamente pertencentes ao gênero *Saccharomyces*. As cervejas de alta fermentação, chamadas de *Ales*, são produzidas com leveduras *S. cerevisiae*, em temperaturas entre 15 e 22°C. Já as *Lagers*, de baixa fermentação, são produzidas com leveduras *S. pastorianus*, em temperaturas que variam entre 9 e 15°C. As cepas de levedura *Saccharomyces* apresentam curto período de replicação, facilidade de domesticação, alta eficiência de esporulação e por isso são utilizadas para produção de bebidas fermentadas. As principais diferenças entre essas duas cepas estão relacionadas a sua capacidade fermentativa, tolerância a temperatura, características de floculação e formação de compostos voláteis (Gallone *et al.*, 2018; Tenge, 2009). Durante a fermentação são produzidos compostos secundários que influenciam diretamente no sabor e aroma do produto, como álcoois superiores, ésteres, diacetil, sulfeto de hidrogênio e dimetil sulfeto (Mouret *et al.*, 2015).

O mosto cervejeiro em sua maioria apresenta em sua composição cerca de 90% de açúcares, dos quais 72% são fermentescíveis, 3,6% de compostos nitrogenados, 2% de sais e minerais e aproximadamente 1% de ácidos, além de pequenas quantidades de lipídeos, compostos fenólicos e óleos provenientes do lúpulo. As leveduras são capazes de fermentar açúcares como: sacarose, glicose, frutose, maltose e maltotriose. As concentrações iniciais de açúcares presentes no mosto em fermentações alcoólicas podem ser classificadas em: concentrações normais, até 180 g/L, concentrações altas, entre 180 e 240 g/L, e concentrações muito altas, acima de 250 g/L (Layfield; Sheppard, 2015).

A formação de ésteres durante a fermentação alcoólica ocorre a partir de um processo bioquímico crucial, conferindo aromas frutados e complexidade à cerveja. Sua formação pode ser influenciada por fatores como a cepa de levedura, temperatura de fermentação e composição do mosto. Esses compostos voláteis como: acetato de isoamila (aroma de banana) e acetato de etila (aroma de maçã verde) são sintetizados através da reação entre álcoois superiores e acetil-CoA, mediada pela enzima alcooliltransferase, presente nas leveduras *Saccharomyces*. Temperaturas de fermentação maiores que 20°C, altas concentrações de açúcares fermentescíveis e mosto pouco nutritivo podem favorecer a produção em excesso desses ésteres, enquanto oxigênio dissolvido e pressão elevada inibem sua produção. Linhagens de levedura *S. pastorianus* produzem até 30% menos ésteres que *S. cerevisiae*, o que explica perfil mais neutro das cervejas *lagers* (Gibson; Liti, 2015; Saerens; Duong; Nevoigt, 2010; Verstrepen *et al.*, 2003). Na Tabela 4 observa-se alguns tipos de fermentos e suas características.

Tabela 4 – Características de algumas cepas de levedura.

Levedura	Atenuação (%)	Floculação	Tolerância Alcoólica (%)	Ésteres totais	Estilos Utilizados
<i>SafLager</i> TM W34/70	80 - 84	Alta	9 - 11	Baixo	<i>German Pils, American Pilsner, Bock</i>
<i>SafLager</i> TM S-23	80 - 84	Alta	9 - 11	Médio	<i>Bohemian Pilsner, Vienna Lager</i>
<i>SafAle</i> TM S-04	74 - 82	Alta	9 - 11	Baixo	<i>Stout, Porter, English IPA, English Strong Bitter</i>
<i>SafAle</i> TM T-58	72 - 78	Média	9 - 11	Alto	<i>Witbier, Belgian Blond Ale</i>
<i>SafAle</i> TM Wb-06	86 - 90	Baixa	9 - 11	Médio	<i>Weissbier, Witbier, Weizenbock</i>
<i>SafAle</i> TM US-05	78 - 82	Média	9 - 11	Baixo	<i>IPA, APA, Cream Ale, American Blong Ale</i>
<i>SafAle</i> TM S-33	68 - 72	Média	9 - 11	Médio	<i>Witbier, Dubbel, Tripel</i>
<i>SafAle</i> TM K-97	80 - 84	Baixa	9 - 11	Médio	<i>Kolsch, American Wheat</i>

Fonte: Adaptado de Fermentis (2025).

2.4 Arroz

O arroz (*Oryza sativa*) é o principal alimento para mais da metade da população mundial, sendo seu maior consumo feito na forma de grão e com uma pequena parte utilizada como ingrediente em produtos processados. É a base alimentar para mais da metade da população mundial, sendo cultivado em mais de 100 países, com uma produção global que supera 700 milhões de toneladas anuais (FAO, 2023). Morfologicamente, o grão é composto pelo pericarpo, tegumento, camada de aleurona (rica em lipídios, proteínas, vitaminas e minerais) e pelo endosperma amiláceo, que representa cerca de 90% de seu peso seco e é constituído majoritariamente por amido (Juliano, 2007).

Devido a sua alta concentração de amido, o arroz é uma fonte de energia. Em sua composição apresenta valores significativos de proteínas, vitaminas e minerais, e possui uma baixa quantidade de lipídeos. É um grão de grande importância para os países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, sendo responsável por fornecer cerca de 715 quilocalorias por pessoa/dia. Sua produção e consumo mundial é uma das maiores entre os cereais, o que faz do arroz um importante alimento na dieta de grande parte da população e reforçando a importância da sua qualidade nutricional (Kennedy, 2002; Walter, 2008).

Com produção em todos os continentes, o arroz tem como maior produtor o continente asiático, com o equivalente a 89,09% da produção mundial. O continente tem 8 dos 10 maiores produtores, sendo eles: China, Índia, Bangladesh, Indonésia, Vietnã, Myanmar e Filipinas. O Brasil é o nono maior produtor mundial, com cerca de 1,5% da produção do cereal (Silva; Wander, 2023). No cenário nacional, é esperado que a safra 2023/2024 tenha uma produtividade em torno de 10,59 milhões de toneladas, um crescimento de 5,5% em comparação com a safra anterior, 2022/2023. Esse aumento é explicado pela expansão das áreas de cultivo do cereal, ocasionado pelos problemas climáticos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul, o maior produtor nacional de arroz, como o estado ficou com a produção prejudicada, outros locais foram utilizados para o cultivo. O Brasil possui com uma cadeia produtiva altamente, concentrada no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Mato Grosso e Tocantins (CONAB, 2023) A estimativa de consumo de arroz no Brasil é de cerca de 11 milhões de toneladas, um aumento de 6,5% devido a políticas públicas que incentivam o seu consumo. A previsão para exportação do grão é de 1,3 milhões de toneladas, uma

redução de 25,9% em comparação com o ano anterior e explicada pelo aumento na produção dos Estados Unidos, que havia sido afetada na safra anterior. (CONAB, 2024).

Indivíduos acometidos com doença celíaca podem ter problemas com a cerveja produzida com malte de cevada ou trigo, devido a intolerância da proteína do glúten, que são encontradas nesses grãos. As frações tóxicas específicas contidas nesses cereais são as prolaminas, sendo elas: a gliadina no trigo, hordeína na cevada e secalina no centeio. Essas frações são resistentes a quebra realizada pelas proteases gastrointestinais, chegando até o duodeno em estado nativo, desencadeando respostas imunológicas. (*Codex Alimentarius Commission*, 2009; Camarca *et al.*, 2009). Essas respostas desencadeiam não somente os sintomas físicos (dor abdominal e diarreia), além disso, pessoas celíacas também acabam enfrentando desafio sociais, como restrição ao consumo de pães, massas, e de cervejas. Alimentos classificados como “sem glúten” não podem conter grãos que contenham glúten, a menos que tenham sido processados para reduzir o nível de glúten para até 20 ppm. Uma alternativa mercadológica para atender esse público consumidor vem a partir de estudos que destacam o uso de matérias primas naturalmente isentas de glúten.

O arroz é um potencial substituto para esses grãos, em um mercado que vem crescendo cerca de 10% a cada ano, por ser um cereal sem glúten e facilmente disponível. Além disso, essa substituição permite a produção de cervejas com perfis sensoriais distintos e inovadores, principalmente para o nicho de cervejas especiais, e até mesmo com propriedades funcionais. Um outro ponto positivo para essa substituição é a possibilidade de produzir cerveja utilizando uma matéria-prima que tenha maior disponibilidade em determinada região ou país onde a cevada não é cultivada ou tem uma menor oferta do grão, diminuindo a dependência de importação de cevada ou malte de cevada.

Apesar dos pontos positivos, a produção de malte de arroz apresenta desafios e limitações, como relatado em trabalhos anteriormente publicados. Um estudo publicado por Ceppi e Brenna (2010) analisou oito variedades de arroz italiano para produção de maltes de arroz. Embora os resultados tenham mostraram uma atividade enzimática inferior ao malte de cevada, a quantidade de açúcares fermentescíveis produzida foi suficiente para ocorrência de fermentação adequada e produção de uma cerveja segura para celíacos. Essas mesmas autoras em um estudo subsequente, realizado a partir desse primeiro, produziram cervejas a partir dos maltes de arroz obtidos. Foram testados os métodos de decocção e infusão. Ambos os mostos foram fermentados com leveduras de baixa fermentação (tipo *Lager*). As autoras produziram uma bebida com densidade original de

11,8 °P e um teor alcoólico máximo de 4,5%, a partir da análise de uma cerveja tipo padrão, os parâmetros para a cerveja de arroz foram considerados aceitáveis (Ceppi; Brenna, 2012).

Outros estudos realizados mostraram limitações a partir do uso de malte de arroz, como baixa atividade enzimática, poder diastático inferior ao malte de cevada e baixo teor de proteínas, que limita a oferta de nutrientes para as leveduras durante o processo fermentativo, resultando em cervejas com baixa retenção de espuma. Um outro desafio relatado foi quanto ao sabor e coloração da bebida. As cervejas produzidas somente com malte base de arroz apresentaram coloração pálida e sabor e aroma neutros. Para melhorar essas características sensorial foram desenvolvidos maltes especiais de arroz a partir da caramelização, tosta e torra dos grãos, agregando assim melhores características e um melhor resultado na bebida (Ceccaronni *et al.*, 2019; Hager *et al.*, 2014; Mayer *et al.*, 2014; Mayer *et al.*, 2016).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O trabalho teve como objetivo maltear grãos de arroz, obter malte base e maltes especiais de arroz e aplicá-los na obtenção de cerveja.

3.2 Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos deste trabalho, destaca-se:

- a) Determinar as condições de hidratação e germinação dos grãos de arroz visando a obtenção de malte de arroz;
- b) Submeter os grãos de arroz malteados a condições de tostagem em diferentes temperaturas e tempos para obtenção de maltes especiais e determinar as características físico-químicas e tecnológicas dos maltes produzidos;
- c) Aplicar os maltes produzidos na obtenção de cerveja e determinar as características físico-químicas das bebidas produzidas a partir dos maltes de arroz obtidos neste trabalho;
- d) Determinar as características sensoriais das cervejas obtidas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Arroz

O arroz (*Oryza sativa*) utilizado neste trabalho, da variedade Maravilha (Embrapa), uma cultivar de sequeiro, foi plantado na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, *campus* Samambaia, Goiânia – GO (16°41' Sul e 49°16' Oeste) no período de 20/12/2023 a 20/03/2024 e fornecido também pela Escola de Agronomia. Os dados meteorológicos do período de cultivo foram fornecidos pela Estação Meteorológica Convencional da Escola de Agronomia da Universidade Federal Goiás e estão disponíveis no Apêndice A. Após o recebimento, o arroz foi armazenado em câmara fria com temperatura controlada de $5\text{ °C} \pm 1,5\text{ °C}$. Antes da malteação, os grãos foram submetidos ao processo de limpeza e seleção, onde foram removidos pequenas pedras, sujidades, fragmentos de insetos, folhas, talos e grãos com má formação. O fluxograma das etapas desenvolvidas neste trabalho está apresentado na Figura 3.

4.2 Malte de arroz

Os grãos de arroz foram submetidos ao processo de malteação, seguindo a metodologia de Mayer et al., (2014) com algumas adaptações. O processo consistiu em 5 etapas: limpeza e seleção, maceração, germinação, secagem e crivagem. Primeiramente, os grãos foram imersos em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm durante 20 min e em seguida lavados em água corrente para a remoção de cloro residual. A maceração dos grãos foi realizada em recipientes plásticos e cobertos por água, como mostrado na Figura 4. Essa etapa foi realizada em incubadora B.O.D. SP-500 (SP Labor, Presidente Prudente, Brasil) com temperatura controlada de $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ e duração de 44 horas. Houve acompanhamento da quantidade de água a fim de garantir que todos os grãos ficassem submersos nesta etapa de hidratação. Durante esse processo foi realizada alternância de períodos dos grãos: imersos em água (duração de 8 horas) e descansando em ausência de água (duração de 4 horas).

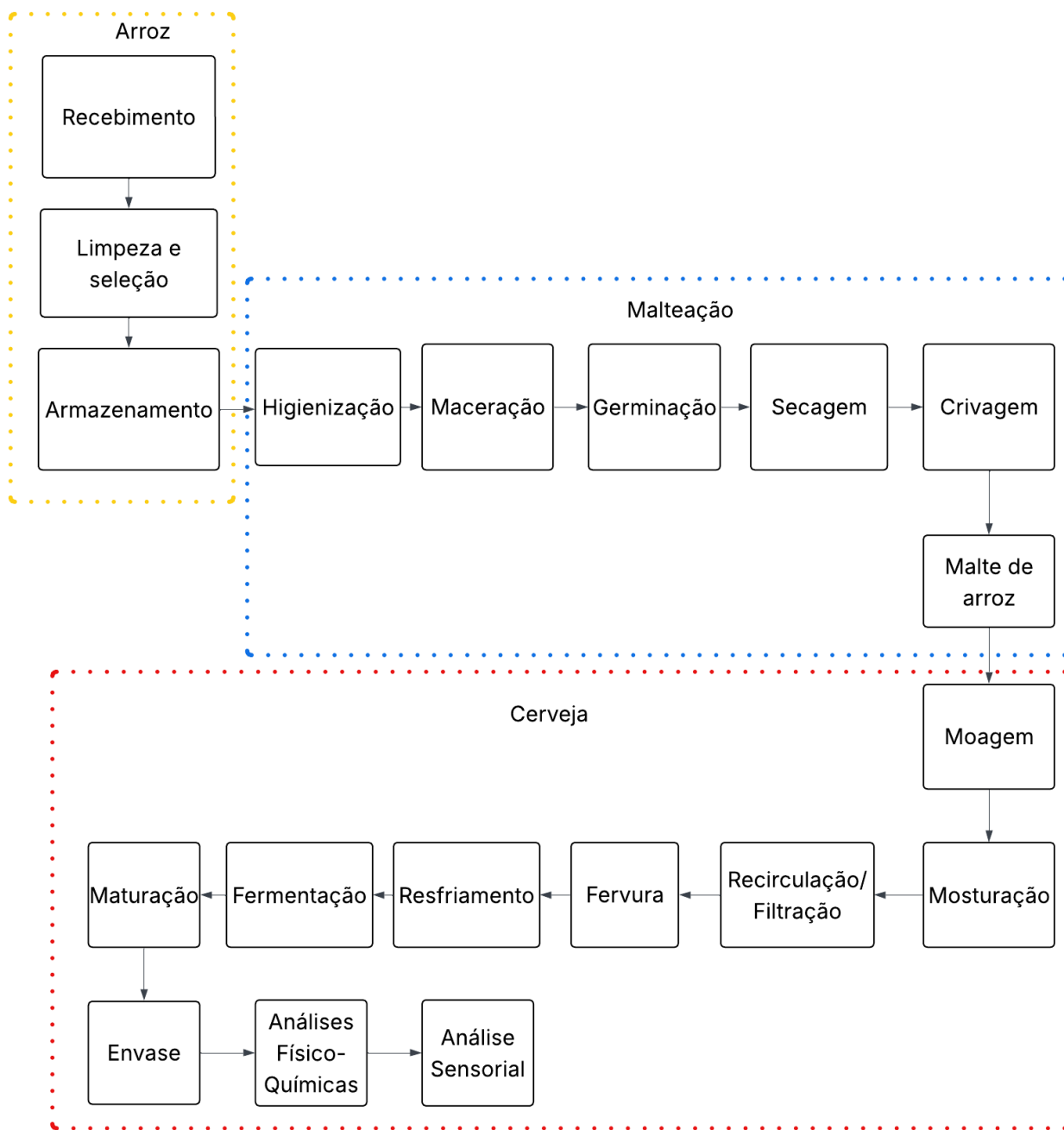


Figura 3. Fluxograma das etapas desenvolvidas neste trabalho.

Fonte: De autoria própria.

Essa alternância foi importante para que ocorresse a substituição da água de maceração, removendo possíveis substâncias inibidoras de crescimento que poderiam influenciar na germinação, além disso, impedindo a ocorrência de fermentação espontânea e possibilitando que os grãos chegassem assim ao teor de umidade desejado, por volta de 40%. Foi realizado também o acompanhamento visual do processo de maceração, uma vez que esse teria seu fim decretado caso iniciasse a saída da radícula do grão hidratado.

Os grãos foram germinados em incubadora B.O.D. SP-500 (SP Labor, Presidente Prudente, Brasil) durante 5 dias com temperatura controlada de $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Durante essa etapa os grãos foram misturados manualmente, para possibilitar que o processo ocorresse de maneira mais uniforme. Foram hidratados com um borrifador de água de 3 a 4 vezes ao dia para manter a umidade e houve acompanhamento do desenvolvimento da radícula. O processo teve duração de 5 dias, sendo finalizado quando as radículas apresentaram o mesmo do comprimento do grão, indicando nível de germinação desejado.

Após germinados os grãos foram desidratados em estufa com circulação e renovação de ar TE-394/3 (Tecnal, Piracicaba, Brasil) nas seguintes temperaturas: $45\text{ }^{\circ}\text{C}/12$ horas, $50\text{ }^{\circ}\text{C}/12$ horas, $55\text{ }^{\circ}\text{C}/12$ horas e $60\text{ }^{\circ}\text{C}/12$ horas. Esse sistema de secagem foi implementado para proteger a enzimas presentes nos grãos, já que as enzimas toleram melhor o calor seco do que o calor úmido (Kunze, 2004).



Figura 4. Maceração dos grãos de arroz em incubadora B.O.D.

Fonte: de autoria própria.

Por fim os grãos foram submetidos à crivagem, onde, de forma manual, foram retiradas as radículas e as acrospiras, obtendo, o malte base de arroz que foi utilizado nesse trabalho. De acordo com Mayer *et al.*, (2014) manter as radículas e acrospiras dos grãos durante a produção de cerveja, ajuda a aumentar o teor de Free *Amino Nitrogen* (FAN), já que o arroz é pobre em proteínas quando comparado com a cevada, no entanto manter essas radículas pode ocasionar na presença de sabor gramíneo e terroso na bebida, o que não é desejado. Após a crivagem os grãos foram acondicionados em câmara fria, com temperatura controlada de $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 30 dias para equilíbrio da umidade e sabor.

4.2.1 Maltes especiais de arroz

Como relatado em um trabalho de Mayer *et al.*, (2016) as cervejas produzidas apenas com o malte base de arroz apresentam coloração pálida, baixo corpo e sabor com notas neutras e de baixa intensidade aromática. Com o intuito de melhorar a coloração, corpo, sabor e produzir cervejas com diferentes características sensoriais foram produzidos maltes especiais de arroz, a

partir do malte base de arroz produzido neste trabalho e seguindo metodologia proposta por Kunze (2004). Foram produzidos dois maltes especiais, chamados de malte caramelo 1 e malte caramelo 2.

Inicialmente, os grãos foram umidificados em recipientes plásticos por 1 hora. Após essa etapa, os maltes foram submetidos ao processo de têmpera (*stewing*) em estufa 515-C (Fanem, São Paulo, Brasil) a 70°C por 60 min, utilizando recipientes de alumínio, visando à caramelização do endosperma. Para o malte caramelo 1, após a têmpera, os grãos foram tostados a 120°C por 180 min em estufa 515-C (Fanem, São Paulo, Brasil). Já o malte caramelo 2, após a mesma etapa de têmpera, foi tostado em estufa 515-C (Fanem, São Paulo, Brasil) a 180°C por 120 min. A variação no binômio tempo *vs.* temperatura entre os dois maltes teve como objetivo desenvolver diferentes características sensoriais, especialmente quanto à coloração, dulçor e sabor.

4.3 Caracterização dos maltes

Amostras dos maltes obtidos foram enviadas à Cooperativa Agrária Agroindustrial (Guarapuava, Paraná) para análise laboratorial conforme os parâmetros desenvolvidos pela empresa para determinação de características de qualidade e tecnologia. A determinação da cor dos maltes pelo sistema CIE na escala LAB foi realizada em laboratório, enquanto as demais análises foram extraídas do relatório de análise fornecido (laudo técnico), conforme os dados e metodologias apresentados a seguir:

4.3.1 Análise de cor

As amostras de maltes foram analisadas em colorímetro ColorQuest XE (Hunter Associates Laboratory, Virginia, Estados Unidos da América). Os resultados foram expressos segundo a International Commission on Illumination (CIE), na escala LAB, em que L^* representa a luminosidade; a^* , a variação entre vermelho-verde; e b^* , a variação entre amarelo-azul. Com base nesses valores, e por meio das Equações 1 e 2, calculou-se a saturação (C^*), ou croma, e o ângulo Hue (H°), ou tonalidade. A Equação 3 foi utilizada para a determinação da variação de cor (ΔE_{ab^*}). As medições foram realizadas em decuplicada.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$H^0 = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

$$\Delta E_{ab^*} = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (3)$$

Onde: L_0^* , a_0^* e b_0^* referem-se aos parâmetros L^* , a^* e b^* do malte base de arroz.

4.3.2 Umidade

Determinada pelo método gravimétrico AOAC 935.29 (1990). Uma amostra de malte foi seca em estufa a 105°C até massa constante. A perda de massa foi calculada e expressa em percentual de umidade.

4.3.3 Cor

Determinada conforme método A-EBC 4.7.1 (EBC, 2019). A absorvância do mosto foi medida em espectrofotômetro a 430 nm, utilizando cubeta com caminho óptico de 10 mm. O resultado foi expresso em unidades de cor EBC.

4.3.4 Poder diastático

Determinado conforme método EBC 4.12 (EBC, 2019). O extrato de malte foi incubado com solução de amido a 20°C por 30 min. A atividade combinada das enzimas α e β -amilase foi quantificada pela hidrólise do amido, medida em espectrofotômetro a 578 nm, após adição de solução de iodo. O resultado foi expresso em unidades Windisch–Kolbach (WK).

4.3.5 Proteína

Determinada conforme método EBC 4.3.2 (EBC, 2019). O teor de nitrogênio total foi determinado por digestão ácida, destilação e titulação. O valor de proteína foi calculado utilizando-se o fator de conversão 6,25 (AOAC, 1990) e expressa em percentual.

4.3.6 Free Amino Nitrogen

Determinado conforme método EBC 8.10 (EBC, 2019). O mosto formou um complexo colorido após a reação com o composto ninidrina em pH 6,7. A absorvância foi medida em espectrofotômetro a 570 nm e o resultado expresso em miligramas de FAN por litro.

4.3.7 Friabilidade

Determinada conforme método EBC 4.15 (EBC, 2019). Uma amostra de malte foi processada em friabilizador por 8 min. O material foi separado em fração que passou pela peneira (endosperma friável) e fração retida (grãos não modificados e cascas). A friabilidade foi calculada como a massa em peso do material que passou pela peneira em relação à massa inicial e expressa em porcentagem.

4.3.8 α -amilase

Determinada pelo método Ceralpha EBC 4.13.1 (EBC, 2019). A amostra foi incubada com substrato específico para α -amilase (4,6-ethylidene-G7-PNP) bloqueado para β -amilase. A atividade enzimática foi medida em espectrofotômetro a 400 nm pela liberação de p-nitrofenol. O resultado foi expresso em unidades dextrinizantes (DU).

4.3.9 β -glucanos

Determinados conforme o método EBC 4.16.3 (EBC, 2019). Os β -glucanos foram hidrolisados por enzimas específicas (lichenase e β -glucosidase) a glicose. A glicose liberada foi quantificada por espectrofotometria utilizando espectrofotômetro UV 1200 Pro (Lleida, Tietê, Brasil) e sua absorvância lida a 430 nm com reagente de glicose oxidase/peroxidase (GOPOD). O resultado foi expresso em miligramas por litro.

4.3.9 Cor

As amostras de maltes foram analisadas em colorímetro ColorQuest XE (Hunter Associates Laboratory, Virginia, Estados Unidos da América). Os resultados foram expressos segundo a International Commission on Illumination (CIE), na escala LAB, em que L^* representa a luminosidade; a^* , a variação entre vermelho-verde; e b^* , a variação entre amarelo-azul. Com base nesses valores, e por meio das Equações 1 e 2, calculou-se a saturação (C^*), ou croma, e o ângulo Hue (H°), ou tonalidade. A Equação 3 foi utilizada para a determinação da variação de cor (ΔE_{ab}^*). As medições foram realizadas em decuplicada.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$H^\circ = \arctan(b^* / a^*) \quad (2)$$

$$\Delta E_{ab}^* = \quad (3)$$

Onde: L_0^* , a_0^* e b_0^* referem-se aos parâmetros L^* , a^* e b^* do café no tempo zero, respectivamente.

4.4 Cervejas

A partir dos maltes de arroz obtidos foram produzidas três diferentes cervejas de arroz, além de uma formulação controle com malte de cevada (malte *pilsen*), conforme apresentado na Tabela 5.

4.4.1 Ingredientes

A água mineral da marca Salute foi utilizada na elaboração das cervejas, cuja composição mineral (em mg/L) apresenta: 6,61 Cálcio; 3,754 Magnésio; 1,995 Potássio; 4,092 Sódio; 0,06 Fluoreto; 0,24 Cloreto; 0,06 Sulfato; 52,05 Bicarbonato. Temperatura da água na fonte: 24,6°C; Condutividade elétrica a 25°C: 72,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH a 25°C: 6,44; resíduo de evaporação a 180°C calculado: 79,59 mg/L.

Todas as cervejas foram fermentadas utilizando levedura *Saccharomyces pastorianus* (W34/70), comercializada pela *Fermentis* sob a denominação *SafLager*TM W-34/70 e lúpulo da variedade *Herkules* comercializado pela *BarthHaas*. Para que o malte fosse o principal determinante do perfil sensorial, os demais ingredientes foram selecionados de modo a exercer mínima influência sobre o sabor. Com isso, buscou-se evidenciar as variações sensoriais decorrentes das diferentes temperaturas de tosta aplicadas.

Foram adicionados 0,20 gramas de cloreto de cálcio dihidratado P.A (Sigma-Aldrich, Duque de Caxias, Brasil) para cada litro de água e 0,05 gramas de sulfato de cálcio dihidratado (Neon, Suzano, Brasil) para cada litro de água. Essas adições foram realizadas para ajustar a concentração de cálcio, cloreto e sulfato para 75 mg/L, 80 mg/L e 60 mg/L, respectivamente.

Tabela 5. Ingredientes utilizados na produção das cervejas.

Formulação 1 (Controle)	Formulação 2	Formulação 3	Formulação 4
3,65 kg de Malte Pilsen	3,65 kg de Malte base de Arroz	3,65 kg de Malte base de Arroz	3,65 kg de Malte base de Arroz
-	-	1,2 kg de Malte Caramelo 1	0,65 kg de Malte Caramelo 2
5 g de Lúpulo <i>Herkules</i>	5 g de Lúpulo <i>Herkules</i>	5 g de Lúpulo <i>Herkules</i>	5 g de Lúpulo <i>Herkules</i>
1 sachê levedura W34/70	1 sachê levedura W34/70	1 sachê levedura W34/70	1 sachê levedura W34/70

Fonte: de autoria própria.

4.4.2 Brassagem

Os maltes foram moídos em moinho de 2 rolos da linha master (Amantes da Breja, Atibaia, Brasil). As cervejas foram produzidas em painéis de aço inoxidável com capacidade aproximada de 40 litros e misturadas utilizando uma pá cervejeira. O acompanhamento de temperatura no processo de mosturação foi realizado com termômetro de imersão analógico com escala de -10 °C a 100 °C.

Foi utilizada proporção de 7 litros de água para cada 1 kg de malte de arroz, divididos em 4 litros de água para cada kg de malte na mosturação e 3 litros de água para cada kg de malte no processo de lavagem dos grãos. Após a adição dos maltes na panela de mostura, o pH foi aferido utilizando um medidor de pH portátil HI98161 (*Hanna*, Pádua, Itália) e ajustado para 5,3 utilizando ácido láctico 85% P.A (Êxodo Científica, Sumaré, Brasil), para melhor sacarificação do malte de arroz (Mayer *et al.*, 2014). Para as formulações utilizando malte de arroz, houve adição de enzimas

exógenas através do coadjuvante Maltezyn HT (*Prozyn*, São Paulo, Brasil) com dosagem de 0,5 mL para cada kg de malte de arroz.

Para que as diferentes enzimas atuassem na sacarificação, foram realizadas 3 etapas de temperatura: i. 64 °C por 60 min, ii. 73 °C por 20 min; iii. 78 °C por 10 min. O teor de dextrinase limite (enzima que catalisa a ação da α -amilase) para o malte de arroz é 10 vezes maior que no malte de cevada (Mayer *et al.*, 2014). Durante toda a mosturação, a conversão do amido em açúcares fermentescíveis foi monitorada por meio do teste de iodo, que consiste em adicionar uma gota da solução de iodo a 2% sobre uma amostra do mosto, observando a coloração resultante da reação química. A coloração roxa ou azul indica a presença de amido residual, sinal de que a conversão ainda não foi concluída. Já a coloração amarelada, mantendo a tonalidade original do iodo, indica que todo o amido foi convertido em açúcares, e a mosturação pode ser encerrada.

Após a mosturação, o mosto foi separado dos grãos utilizando uma segunda panela equipada com um filtro tipo bazooka em seu interior. Nesse mesmo recipiente, foram realizadas a recirculação e a lavagem dos grãos. O bagaço permaneceu na panela com o filtro, enquanto o mosto foi transferido de volta à panela de mosturação para iniciar a fervura. Esse processo durou 60 min, mantida de forma vigorosa, com a adição do lúpulo logo no início do processo. Ao final, o mosto foi resfriado até aproximadamente 25 °C utilizando *chiller* de imersão. Por fim, o mosto já resfriado foi transferido para baldes plásticos, onde recebeu a inoculação da levedura.

4.4.3 Fermentação e maturação

A fermentação das cervejas foi realizada em câmara fria com temperatura controlada de 12 °C \pm 1,5 °C. Amostras foram coletadas a cada 24 horas e submetidas à determinação de densidade com densímetro de massa de 1,000 a 1,100 g/cm³. No sexto dia de fermentação foi constatado que o processo estava estagnado, apresentando densidade constante. Com o intuito de promover o esgotamento dos açúcares fermentescíveis, o líquido foi agitado e a temperatura da câmara foi ajustada para 14 °C \pm 1,5 °C. Esse aumento de temperatura visa acelerar o metabolismo da levedura, uma vez que temperaturas ligeiramente mais elevadas aumentam a fluidez da membrana celular, favorecendo a fermentação de açúcares residuais. O processo teve duração total de 13 dias. Por fim, os baldes foram acondicionados à temperatura de 5 °C \pm 1,5 °C para a fase de maturação.

Essa etapa teve duração de 9 dias foi responsável por estabilizar o sabor e aroma das cervejas além de contribuir para a clarificação.

4.4.4 Envase

Após a maturação, as garrafas de vidro de 300 mL, de coloração âmbar, foram lavadas e higienizadas em lavadora LAVAQ (Damek, Carapicuíba, Brasil) e, em seguida, as cervejas foram envasadas. A carbonatação foi realizada adicionando 5,5 gramas de açúcar por litro de cerveja pela adição de uma solução contendo 0,75 g açúcar por mL de solução. Antes do envase as garrafas foram lavadas, como mostrado na Figura 6. Posteriormente foram esterilizadas em autoclave AV75 (Phoenix Lufenco, Araraquara, Brasil) com temperatura de 121°C e duração de 20 min.

4.4.5 Determinações analíticas

4.4.5.1 Descarbonatação

Antes das análises as amostras de cerveja foram descarbonatadas em banho de ultrassom D-409X (CTA do Brasil, Campanha, Brasil), com frequência de 40 kHz durante 5 min a 20 °C. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.4.5.2 Densidade original e densidade final

A densidade original e final do mosto foi determinada em picnômetros seguindo a metodologia 215/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008) fazendo uso de balança analítica de precisão AY220 (Shimadzu, Quito, Japão). A densidade foi determinada com pelo menos quatro casas decimais a partir da equação 4.

$$\text{Densidade relativa a } 20^{\circ}\text{C} = \frac{m_{\text{am}} - m_{\text{p}}}{m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{p}}} \quad (4)$$

Onde: m_{am} : massa do picnômetro com amostra a 20°C (g); $m_{\text{H}_2\text{O}}$: massa do picnômetro com água a 20°C (g); m_{p} : massa do picnômetro vazio (g).

4.4.5.2 Amargor

O amargor foi determinado pela metodologia EBC 9.8 (EBC, 2019), onde foram coletados 10 mL de cerveja descarbonatada e adicionados em tubo do tipo *Falcon* juntamente com 0,5 mL de ácido clorídrico 6 M e 20 mL de iso-octano UV/HPLC (Neon, Suzano, Brasil). O tubo foi agitado por 15 min em misturador de solução e centrifugado em centrífuga NT810 (Novatecnica, Piracicaba, Brasil) a 3000 rotações por minuto (rpm) (1780 g) durante 3 min para separação das fases. Após a separação, o sobrenadante foi submetido à leitura da absorbância a 275 nm em espectrofotômetro UV 1200 Pro (Lleida, Tietê, Brasil). O iso-octano puro foi utilizado como branco. Para o cálculo do amargor em IBU (*International Bitterness Units*) foi utilizada equação 5:

$$\text{IBU} = A_{275} \times 50 \quad (5)$$

Onde: IBU: *International Bitterness Units*; A_{275} : absorbância do sobrenadante lida a 275 nm.

4.4.5.3 Cor

A cor foi determinada utilizando a metodologia EBC 9.6 (EBC, 2019), onde foram coletados 30 mL de cerveja descarbonatada em tubo do tipo *Falcon*. A amostra foi centrifugada em centrífuga NT810 (Novatecnica, Piracicaba, Brasil) a 3000 rotações por minuto (rpm) (1780 g) durante 5 min para garantir que ficassem livre de turbidez. A amostra foi levada para o espectrofotômetro UV 1200 Pro (Lleida, Tietê, Brasil) e sua absorbância lida a 430 nm. Água destilada foi utilizado como branco. A cor da cerveja foi determinada em EBC (*European Brewery Convention*) a partir da equação 6:

$$\text{Cor (EBC)} = A_{430} \times 25 \quad (6)$$

Onde: EBC: *European Brewery Convention*; A_{430} : absorbância lida a 430 nm.

4.4.5.4 Acidez

A determinação da acidez total da cerveja foi realizada seguindo a metodologia 221/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008), onde 50 mL de cerveja descarbonatada foram adicionadas a um

frasco de *Erlenmeyer* de 500 mL, em seguida foi adicionado 0,5 mL de solução do indicador fenolftaleína. A titulação foi realizada com solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) 0,1 M até atingir o ponto de virada, apresentando coloração rosa. A acidez total foi determinada a partir da equação 7 e expressa em gramas de ácido acético por 100 mL de cerveja:

$$\text{Acidez total} = \frac{N \times M \times f \times \text{PM}}{10 \times V} \quad (7)$$

Onde: N: volume de NaOH gasto na titulação, em mL; M: molaridade da solução de NaOH; f: fator de correção da solução de NaOH; PM: peso molecular do ácido acético, em gramas; V: volume tomado da amostra, em mL.

4.4.5.5 Potencial hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico foi determinado utilizando medidor de pH portátil HI98161 (*Hanna*, Pádua, Itália) calibrado e com a amostra a 20°C.

4.4.5.6 Teor alcoólico

A determinação do teor alcoólico das cervejas foi realizada pela metodologia 246/IX do Instituto Adolfo Lutz (2008), onde 100 mL de cerveja descarbonatada foram transferidos para balão volumétrico de um conjunto de destilação. A amostra foi destilada até se obter um volume destilado de cerca de 75 mL. O destilado foi recolhido em balão volumétrico de 100 mL contendo cerca de 10 mL de água destilada e seu volume foi ajustado com água destilada até 100 mL. A densidade relativa dessa solução foi determinada a 20°C com a utilização de picnômetro. O teor alcoólico em volume a 20°C (% v/v) foi determinado por consulta à tabela de correspondência entre densidade relativa e porcentagem de álcool em volume, (IAL, 2008).

4.4.5.7 Extrato real

O extrato real foi determinado seguindo a metodologia 248/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram transferidos 20 mL de cerveja descarbonatada para um cadinho de alumínio, previamente aquecido em estufa Orion 515 (Fanem, São Paulo, Brasil) a 105°C durante 1 hora, utilizando pipeta. O cadinho com amostra foi levado para estufa Orion 515 durante 3 horas a 105

°C. Foi realizada a pesagem do resíduo seco em balança de precisão AY220 (*Shimadzu*, Quito, Japão), por meio destes dados, foram calculados os valores de extrato real em % (m/v) a partir da equação 8:

$$\text{Extrato real \% } \left(\frac{m}{v} \right) = \left(\frac{100 \times P}{V} \right) \quad (8)$$

Onde P: massa do resíduo em gramas e V: volume da amostra em mL.

4.4.5.8 Extrato primitivo

A determinação do extrato primitivo (EP) foi realizada seguindo a metodologia 251/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Esse valor foi obtido por meio do cálculo envolvendo teor alcoólico e extrato real, segundo a equação de Balling, apresentada na equação 9:

$$\text{EP \% } \left(\frac{m}{m} \right) = \frac{[(P \times 2,066) + \text{ER}] \times 100}{[100 + (P \times 1,066)]} \quad (9)$$

Onde: P: % de álcool em massa (g) e ER: % de extrato real.

4.4.5.9 Compostos Voláteis

A determinação dos compostos voláteis foi realizada a partir da incubação de 5 mL de cada amostra das cervejas em *vials* apropriados para cromatografia gasosa em *headspace* (HS-GC-MS), utilizando cromatógrafo Nexis GC 2030 (*Shimadzu*, Kyoto, Japão) acoplado ao espectrômetro de massas QP2020 Nexis (*Shimadzu*, Kyoto, Japão), operando em modo *scan*, com coluna SH-Stabilwax-MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). Os *vials* foram incubados a 60 °C, com agitação de 300 rpm, e a seringa foi mantida a 70 °C. Utilizou-se pré purga de 5 segundos, fluxo da injeção de 10 mL/min e o tempo total da análise de 60 min. As condições do cromatógrafo incluíram temperatura do injetor de 250 °C, em modo split. O programa de temperatura do forno foi: 40 °C por 5 min, rampa de 5 °C/min até 150 °C, com manutenção por 5 min, e rampa de 10 °C/min até 230 °C, com manutenção de 20 min, totalizando 60 min. O controle de fluxo foi em velocidade linear, a pressão em 45,1 kPa, o fluxo total de 13,4 mL/min e o fluxo da coluna de 0,94 mL/min.

4.4.6 Análise microbiológica

Foi realizada análise de contagem de coliformes totais, seguindo os princípios microbiológicos gerais estabelecidos pela metodologia AOAC OMA 991.14 (AOAC, 2023). A contagem de coliformes totais foi realizada por semeadura em superfície em ágar seletivo. As placas foram incubadas a 35°C por 24 a 48 horas. As colônias típicas foram contadas e os resultados expressos em Unidades Formadoras de Colônia por mililitro (UFC/mL). As análises foram conduzidas no Centro de Pesquisa em Alimentos (CPA), localizado na Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG).

4.4.7 Análise Sensorial

A avaliação sensorial das cervejas obtidas foi desenvolvida a partir do teste de aceitação hedônica de 9 pontos, baseado em Dutcosky (2007). As quatro formulações foram avaliadas individualmente em uma única sessão. O painel sensorial contou com a participação de 100 provadores não treinados, de ambos os sexos, com idade a partir de 18 anos. Os julgadores foram angariados na Escola de Agronomia, via aplicativo de mensagens e com cartaz no Centro de Aulas da Escola. Foram excluídas da avaliação mulheres gestantes ou com intenção de engravidar, pessoas portadoras de doença celíaca, pessoas que fazem uso de remédios controlados e pessoas com problemas respiratórios, além disso a participação não foi recomendada para aqueles que iriam conduzir veículos automotores.

Inicialmente os participantes receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), apresentado no apêndice B, para leitura e assinatura. A seguir avaliaram os seguintes atributos: cor, amargor, aroma, sabor e impressão global, com notas de 1 a 9, onde 1 correspondeu a “não gostei muito” e 9 a “gostei muito”. Os participantes descreveram cada cerveja utilizando uma única palavra para construção de uma “nuvem de palavras”. A ficha de avaliação sensorial utilizada está apresentada no apêndice C. Cada provador recebeu 30 mL de cada cerveja refrigerada a aproximadamente 5 °C, em copos descartáveis transparentes, codificados com três dígitos aleatórios. Água mineral e biscoito de água e sal foram servidos para neutralizar o paladar entre as amostras. Os avaliadores tinham a opção de descartar a amostra, caso não quisessem

degluti-la. A avaliação aconteceu em cabines individuais, no Laboratório de Análise Sensorial, localizado no Setor de Engenharia de Alimentos, na Escola de Agronomia da UFG.

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Goiás (UFG), com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 92252025.5.0000.5083. A aprovação do comitê foi concedida por meio do parecer 7.900.555, emitido em 13 de outubro de 2025.

4.4.8 Análise Estatística

Os resultados obtidos nesse trabalho serão submetidos a análise de variância (ANOVA) e em seguida pelo Teste de *Tukey* a 5% de significância ($p \leq 0,05$) para determinar se houve diferenças significativas e quais grupos se diferem. As análises estatísticas serão realizadas utilizando o *Software TIBCO Statistica* (versão 14.0).

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 Obtenção dos maltes de arroz

Ao final da maceração os grãos de arroz apresentaram umidade de 41,4%, como mostrado na Figura 5. A absorção de água durante essa etapa ocorre em duas fases distintas, fase 1: até 12 horas; fase 2: a partir de 12 horas, condicionadas por gradientes de concentração e pela estrutura física do grão. Na fase inicial, a água penetra rapidamente por capilaridade entre o pericarpo e a casca, sendo absorvida pelas regiões mais externas do grão. A velocidade de hidratação diminui progressivamente até se tornar praticamente constante. Este comportamento ocorre porque o gradiente de concentração de água se reduz, as paredes celulares do endosperma atingem seu ponto de saturação e ocorre a equalização do processo (Marcier et al., 2015; Li, et al., 2022).

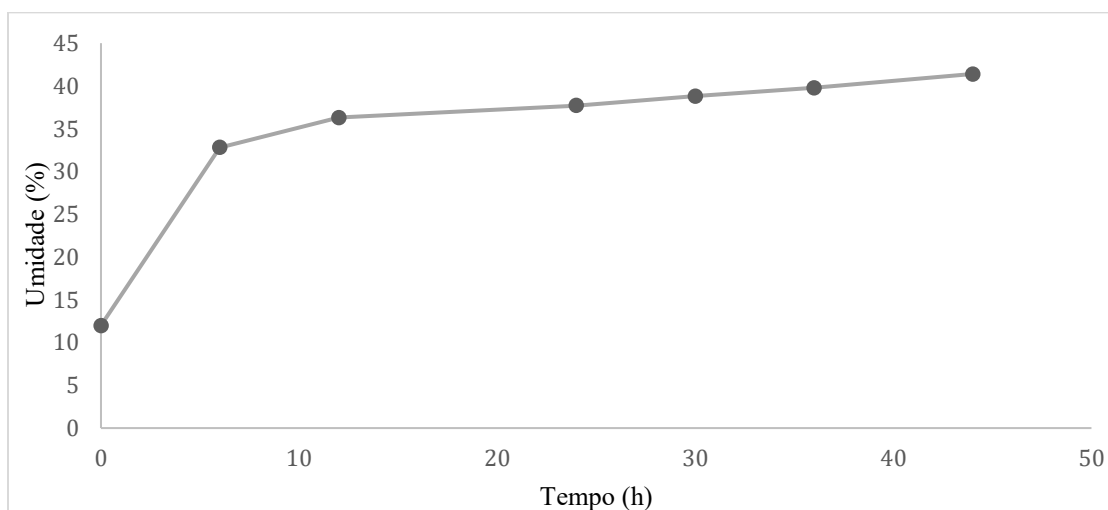


Figura 5. Absorção de água dos grãos durante a maceração.

Fonte: de autoria própria.

A umidade (41,4%) vai de encontro a resultados obtidos em outros trabalhos publicados. Segundo Kunze (2004) a temperatura tem efeito direto na absorção de água pelos grãos. Em temperaturas mais altas a absorção de água ocorre de maneira mais rápida. O ideal é que esse teor de umidade chegue em torno de 42% em até 48 horas, podendo ocorrer formação de mofo em

tempos mais longos. Mayer et al. (2014) realizou malteação de dez variedades diferentes de arroz e obteve absorção de água entre 38 e 44%, a depender da temperatura de maceração e da duração da etapa. Em um estudo de Ceccaroni *et al.* (2019) os grãos atingiram nível de umidade de 34% nessa etapa, durante a malteação de grãos de arroz para obtenção de maltes especiais, resultado inferior ao obtido neste trabalho.

Durante a etapa de germinação foi realizado acompanhamento visual diário dos grãos. A homogeneização manual permitiu que o processo ocorresse de forma mais homogênea. Devido ao resultado satisfatório de hidratação alcançado na etapa anterior, ao fim do primeiro dia de germinação (3º dia de processo) já foi possível observar o aparecimento das radículas, na Figura 6 observam-se os grãos em três diferentes estágios durante a germinação. No penúltimo dia os grãos de arroz estavam em estágio avançado de germinação, com o comprimento das radículas próximo do esperado. A germinação foi encerrado no quinto dia, as radículas atingiram comprimento equivalente ao mesmo comprimento do grão e foi possível observar que todo o conteúdo apresentava estágio uniforme de germinação. Durante essa fase, foi possível sentir em alguns momentos a formação de aromas indesejáveis, ocasionado pelo ambiente úmido que é propício ao desenvolvimento de fungos e bactérias, que podem produzir uma vasta gama de sabores desagradáveis, além do aroma característico cru/vegetal formados durante a germinação. A lavagem dos grãos em água corrente, realizada diariamente contribuiu com a eliminação e controle da formação desses aromas indesejados (Kunze, 2004).



Figura 6. Grãos de arroz em diferentes momentos do processo de germinação; a) 24 horas; b) 96 horas e c) 120 horas.

Fonte: De autoria própria.

Ao final da secagem, os grãos apresentaram aspecto visual satisfatório. A perda de água do processo de secagem pôde ser avaliada indiretamente por meio da crivagem, procedimento no qual os grãos foram submetidos a fricção manual para remoção das radículas. O fácil desprendimento das radículas observado durante esta etapa foi indicativo de que o teor de umidade dos grãos atingiu níveis adequados ao final da secagem.

Durante a produção dos maltes especiais em estufa a 120°C e 180°C, observou-se o desenvolvimento de compostos voláteis típicos da caramelização dos grãos. Foi possível observar, visualmente, que havia diferença de coloração entre os grãos base e especiais (caramelo 1 e caramelo 2), também foi possível diferenciá-los pelo odor característico de cada malte. Os três maltes produzidos neste trabalho estão apresentados na Figura 7.



Figura 7. Maltes de arroz produzidos neste trabalho. a) malte base de arroz; b) malte caramelo 1 obtido em estufa a 120°C e c) malte caramelo 2 obtido em estufa a 180°C.

Fonte: De autoria própria.

A caracterização dos maltes produzidos neste trabalho a partir do laudo elaborado pela Agrária Malte, estão apresentados na Tabela 6. Os laudos completos dos grãos estão apresentados nos Anexos B, C e D para os maltes base de arroz, caramelo 1 e caramelo 2, respectivamente. O malte base de arroz apresentou umidade de 5,0%. Os maltes especiais de arroz caramelo 1 e caramelo 2 apresentaram valores inferiores, de 4,1% e 2,4%, respectivamente. Essa diferença era esperada já que os maltes passaram por processos adicionais de caramelização e tosta. A Instrução Normativa N° 11/2013 define os padrões de classificação com requisitos de identidade e qualidade para o malte de cevada (Brasil, 2013). De acordo com a instrução normativa o malte base deve apresentar umidade máxima de 8% e os maltes especiais até 6%. Os maltes produzidos no presente trabalho seguem o regulamento nacional para esse atributo. Ceppi e Brenna (2010) obtiveram valores de umidade que variaram entre 5,26 e 5,79% para maltes base de arroz, produzidos a partir de diferentes variedades do grão.

Maltes especiais são maltes usados, principalmente em uma pequena porcentagem do mosto para conferir cor, sabor e aromas individuais a diferentes estilos de cerveja. Como as temperaturas de secagem e torrefação são significativamente mais altas do que as temperaturas aplicadas para o malte base, possuem rendimentos de extrato mais baixos e escassez de enzimas. Sua coloração pode variar desde 15 EBC até 400 EBC para maltes caramelos. Já os maltes torrados podem ultrapassar 1000 EBC. A proporção utilizada depende da intensidade de coloração, sabores e aromas contidas no grão, podendo variar entre 5 e 20% (Kreisz, 2009).

Maltes base de cevada apresentam poder diastático que variam entre 200 e 400 WK. O arroz, quando comparado com a cevada, apresenta menor teor de enzimas responsáveis pela conversão do amido em açúcares. Isso resulta em maltes com poder diastático inferior ao malte de cevada (Mayer *et al.*, 2014; Venturini Filho, 2010). Ceppi e Brenna (2010) realizaram a malteação de 6 variedades de arroz e obtiveram valores de poder diastático entre 51,5 e 119,7 WK, testando diferentes metodologias. Um outro trabalho, publicado por Mayer *et al.* (2014), apresentou maltes base de arroz com valores de poder diastático entre 34 e 118 WK, a depender da variedade e da metodologia de malteação. O malte base de arroz produzido nesse trabalho apresentou valor inferior de poder diastático quando comparados a outros trabalhos, mostrando ser necessária a adição de enzima exógena para melhor conversão dos açúcares.

Tabela 6. Características de controle dos maltes em laudo emitido pela Agrária Malte.

	Malte Base Arroz	Malte Caramelo 1	Malte Caramelo 2
Umidade (%)	5,0	4,1	2,4
Cor (EBC)	1,3	15,3	43,4
Cor do Mosto Após Fervura	2,5	17,6	48
Poder Diastático (WK)	13,0	-201,0	10,0
FAN (mg/L)	68,0	33,0	12
Friabilidade (%)	42,2	53,7	46,9
Proteína (%)	7,8	7,9	7,9
α -amilase (DU/g)	0	8,7	7,7
β -glucanos (mg/L)	40,0	36,0	66,0
Proteína Solúvel (%)	1,5	1,4	1,7
Nitrogênio Solúvel por Espectro (mg/L)	265	224	264
Viscosidade do Mosto (mPa.s)	1,128	1,094	1,073
Extrato Moagem Fina (%)	25,9	14,1	11,1
Extrato Moagem Grossa (%)	20,5	13,4	10,3
Diferença de Extrato (%)	5,4	0,7	0,8
Índice de Kopalch (%)	19	18	21
Palha/Cascas (%)	0,1	0,1	0,3
Grãos Quebrados (%)	0,1	0,1	0,1
Sementes Estranhas (%)	0	0	0
Substâncias Estranhas (%)	0,1	0,0	0,0
Resíduo Total (%)	95,4	94,3	92,5
Pragas	Ausente	Ausente	Ausente

FAN: *Free Amino Nitrogen*

Fonte: Adaptado do laudo técnico da Agrária Malte.

O resultado negativo do poder Diastático (-201 WK) para o malte caramelo 1 é consistente com sua classificação como malte especial. O processo de fabricação (caramelização) por aplicar condições de temperatura elevada inativa as enzimas diastáticas. O valor negativo é um artefato do método EBC 4.12, que indica atividade diastática indetectável ou nula. Em maltarias, valores negativos ou próximos de zero podem ser aceitos e reportados para maltes não-diastráticos.

A atividade de α -amilase apresentou valor zero para o malte base de arroz, o que não é compatível com a expectativa para maltes base não submetidos a tratamento térmico severo. Esse resultado indica ausência de atividade enzimática detectável, porém, no caso de maltes base, espera-se atividade positiva, o que justifica o uso a adição de enzima exógena na mosturação. Cabe destacar que os maltes caramelo, submetidos a temperaturas mais elevadas (120°C), apresentaram valores maiores (ainda que baixos).

Os maltes produzidos nesse trabalho apresentaram resultados para o teor de proteína que foram de encontro ao relatado em outros estudos, entre 7,0 e 9,51%. Como o arroz apresenta menores quantidades de proteínas que a cevada, é esperado que os maltes de arroz apresentem valores inferiores. Maltes de cevada devem apresentar conteúdo de proteína de 9,5 a 12% (Ceppi; Brenna, 2010; Mayer *et al.*, 2014; Narziß; Back, 2012). Em geral, para um mosto de malte de cevada, o teor de FAN não deve ser inferior a 150 mg/L para uma fermentação adequada, mas recomenda-se 200 a 250 mg/L, já que uma quantidade baixa de FAN total promove a produção excessiva de subprodutos da fermentação, como álcoois superiores. Os β -glucanos são polissacarídeos de alto peso molecular presentes nas paredes celulares do endosperma da cevada e de outros cereais. Essa molécula interfere diretamente nos parâmetros de qualidade como: viscosidade, velocidade de filtração e turbidez. O arroz tem menor teor de β -glucanos que a cevada, o que é considerado uma característica favorável, já que os valores de referência para esse atributo devem ser inferiores a 180 mg/L. Os valores obtidos para este trabalho são considerados satisfatórios e resultaram em um processo de filtração rápido e eficiente durante a produção das cervejas (Brazil, 2015; Meussdoerffer; Zarnkow, 2009).

Os dados da análise de cor estão apresentados na Tabela 7. Quanto à luminosidade (L^*), o malte caramelo 1 foi o mais claro, seguido pelo malte base e, por último, o malte caramelo 2, que foi o mais escuro. Isso já era esperado, já que o malte caramelo 2 passou por uma temperatura de tosta mais alta (180 °C), o que intensifica o escurecimento. O malte caramelo 1 manteve uma cor

mais próxima do malte base, e esse maltes não apresentaram diferença significativa para esse parâmetro. Trabalhos como o de Coghe et al., (2003) mostram que o parâmetro L^* é bem sensível a esse tipo de alteração térmica.

Tabela 7. Valores médios de L , a , b , C e H° para os maltes de arroz produzidos neste trabalho.

Parâmetro	Malte Base Arroz	Malte Caramelo 1	Malte Caramelo 2
L^*	$58,40 \pm 0,02^a$	$59,73 \pm 0,01^a$	$54,02 \pm 0,01^c$
a^*	$6,58 \pm 0,01^b$	$7,05 \pm 0,01^a$	$6,74 \pm 0,01^c$
b^*	$19,86 \pm 0,02^b$	$22,60 \pm 0,01^a$	$18,85 \pm 0,01^c$
C^*	$20,93 \pm 0,01^b$	$23,67 \pm 0,01^a$	$20,02 \pm 0,01^c$
H°	$71,66 \pm 0,02^b$	$72,67 \pm 0,01^a$	$70,31 \pm 0,02^c$
ΔE_{ab}^*	-	3,35	4,48

Os valores estão expressos como média e desvio padrão. Médias na mesma linha com letras iguais em sobrescrito não são significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Analisando os eixos a^* (vermelho) e b^* (amarelo), todos os maltes apresentaram valores positivos, com o amarelo sempre mais intenso que o vermelho ($b^* > a^*$). O malte caramelo 1 se destacou com os maiores valores tanto para a^* quanto para b^* . Isso indica que além demais amarelo, também puxou um pouco mais para o avermelhado. Woffenden, Ames e Chandra (2001) também encontraram esse padrão em maltes *Crystal* (caramelo), associando esses valores à intensidade da cor do malte.

O Cromo (C^*), que mede o quanto a cor é viva ou saturada, seguiu a mesma lógica: caramelo 1 > base > caramelo 2. Ou seja, o caramelo 1 foi o mais intenso e vibrante, enquanto o caramelo 2, apesar de mais escuro, acabou perdendo um pouco da sua provavelmente por conta da temperatura mais alta.

O ângulo Hue (h°), que define a tonalidade, ficou entre $70,31^\circ$ e $72,67^\circ$ para todos os maltes, colocando todos eles na região amarelo alaranjada. O malte caramelo 1 ficou com o maior ângulo ($72,67^\circ$), ou seja, mais puxado para o amarelo. Já o malte caramelo 2 teve o menor ângulo ($70,31^\circ$), indicando uma leve tendência ao avermelhado.

Por fim, a diferença total de cor (ΔE_{ab}^*) entre os maltes foi de 3,35 (base vs. caramelo 1) e 4,48 (base vs. caramelo 2). Esses números mostram que as diferenças são visualmente

perceptíveis, e a maior diferença ficou entre os dois maltes caramelos, que são bem distintos entre si.

Os resultados mostram que é perfeitamente possível produzir maltes de arroz com cores bem variadas e controladas, simplesmente ajustando o binômio tempo vs. temperatura na etapa de tosta. Isso é interessante do ponto de vista tecnológico, pois abre caminho para usá-los em diferentes estilos de cerveja com perfis de cor bem definidos.

5.2 Determinações analíticas das cervejas

As características físico-químicas para as quatro cervejas produzidas estão apresentadas na Tabela 8. Os valores para acidez titulável não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) para as formulações 2 e 3. As formulações com malte de cevada e com 15% de malte caramelo 2 se diferenciaram estatisticamente entre si e quando comparadas com as formulações com 100% malte base de arroz e com 25% de malte caramelo 1. O maior valor foi observado para a formulação com malte de cevada. A acidez total está relacionada aos ácidos orgânicos tituláveis presentes na cerveja, sendo o ácido carbônico (H_2CO_3) o principal responsável pelo aumento da acidez. Os resultados obtidos para esse parâmetro estão de acordo com o estabelecido na legislação brasileira, que estabelece valores entre 0,1 e 0,3% (Brasil, 2019; Alves, 2020).

As quatro formulações apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) para o potencial hidrogeniônico (pH). A formulação controle apresentou o maior valor de pH, ligeiramente fora do esperado para cervejas (entre 4,2 e 4,6). As formulações que levaram em sua composição maltes especiais apresentaram os menores valores de pH, a adição desses maltes tende a reduzir suavemente o pH do mosto e da cerveja final. Isso ocorre devido a ocorrência de reações de Maillard e a formação de compostos ácidos e melanoidinas, durante a tosta, que possuem propriedades tamponantes e ligeiramente ácidas (Kunze, 2014).

O amargor das formulações 1, 3, e 4 não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$). A formulação com 100% malte base de arroz apresentou um amargor ligeiramente superior, que pode ser explicado devido ao volume de cerveja obtido ao fim do processo. Essa cerveja apresentou rendimento inferior quando comparado as outras, implicando em um menor volume e aumentando assim a concentração de iso- α -ácidos presentes, o que justifica o maior amargor para essa formulação. A coloração das formulações apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$),

confirmado o que era esperado devido a proporções e tipos de maltes diferentes utilizados no processo. Na Figura 8 observa-se o aspecto visual de cor para as quatro cervejas produzidas neste trabalho.

A adição de enzima exógena Maltezym HT permitiu que as cervejas de arroz atingissem maior valor para o extrato original, chegando próxima da formulação controle. A fermentabilidade do mosto, para as cervejas de arroz, foi considerada baixa. Apresentando valores de 40%, 36% e 38% para as formulações 2, 3 e 4, respectivamente. A formulação com malte de cevada apresentou 84% de atenuação, valor considerado dentro do esperado. Normalmente, em um mosto de cevada, a fermentabilidade está na faixa de 78 a 85% (Mayer et al., 2014).

Tabela 8. Características físico-químicas das cervejas produzidas.

Característica	Cervejas			
	Formulação 1 (Controle)	Formulação 2	Formulação 3	Formulação 4
Acidez Titulável (g/100mL)	0,1837 ± 0,0019 ^c	0,1329 ± 0,0032 ^a	0,1321 ± 0,0037 ^a	0,1414 ± 0,0031 ^b
Potencial Hidrogeniônico	4,63 ± 0,02 ^c	4,33 ± 0,03 ^b	4,26 ± 0,06 ^{ab}	4,23 ± 0,02 ^a
Amargor (IBU)	13,87 ± 0,25 ^a	14,47 ± 0,21 ^b	13,33 ± 0,25 ^a	13,75 ± 0,13 ^a
Cor (EBC)	8,56 ± 0,28 ^b	5,07 ± 0,25 ^a	11,76 ± 0,15 ^c	13,39 ± 0,65 ^d
Densidade Original (g/cm ³)	1,0528 ± 0,0013 ^b	1,0450 ± 0,0009 ^a	1,0444 ± 0,0003 ^a	1,0446 ± 0,0001 ^a
Teor Alcoólico (% v/v)	5,77 ± 0,01 ^b	2,21 ± 0,01 ^a	2,23 ± 0,03 ^a	2,23 ± 0,01 ^a
Extrato Primitivo (% m/m)	12,88 ± 0,02 ^d	11,34 ± 0,02 ^c	11,13 ± 0,03 ^a	11,20 ± 0,01 ^b

Os valores estão expressos como média e desvio padrão. Médias na mesma linha com letras iguais em sobrescrito não são significativamente diferentes ($p > 0,05$).



Figura 8. Aspecto visual das cervejas produzidas neste trabalho. Da esquerda para a direita: formulação com malte de cevada (tampa azul), formulação com 100% malte base de arroz (tampa vermelha), formulação com 25% de malte caramelo 1 (tampa amarela) e formulação com 15% de malte caramelo 2 (tampa verde).

Fonte: De autoria própria.

Os valores obtidos para o extrato final são considerados altos para as formulações de arroz, isso pode ser explicado pela composição dos açúcares do mosto, que não permitiram um bom desempenho de fermentabilidade. Essas questões justificam o teor alcoólico inferior das formulações que levaram malte de arroz, apesar disso as cervejas apresentaram percentual de álcool (v/v) consideradas dentro da legislação para cervejas (acima de 2,0%) (Brasil, 2019).

O Extrato Primitivo (EP) representa a concentração de sólidos do mosto original que deu origem à cerveja, sendo calculado a partir do extrato real (ER) e do teor alcoólico. O Extrato Real (ER) é a concentração de sólidos remanescentes na cerveja após a fermentação, já corrigida da interferência do álcool. O valor obtido para a formulação contendo malte de cevada é típico de mostos de cerveja de teor alcoólico moderado (5 a 6 % v/v), portanto, está dentro do esperado para uma cerveja com esse perfil. As formulações que levaram malte de arroz apresentaram EP muito semelhantes entre si (cerca de 11,2%), indicando que os mostos de arroz foram preparados com densidades originais ligeiramente inferiores ao da cevada. Para o extrato real a formulação com malte de cevada apresentou valor característico de uma cerveja seca, bem atenuada e de corpo leve a médio, condizente com a alta taxa de fermentação. Para as formulações contendo malte de arroz os valores são aproximadamente o dobro do encontrado na formulação controle. Isso significa que,

após a fermentação, a cerveja ainda apresenta uma grande quantidade de açúcares e dextrinas não fermentados (Bernard, 2000; Hagen; Schwarz, 2000).

5.2.1 Compostos voláteis

Na tabela 9 estão apresentados os compostos voláteis identificados para as quatro formulações e suas respectivas áreas percentuais (Área %), considerando a exclusão do etanol para melhor visualização do perfil aromático. Os cromatogramas gerados para as quatro cervejas estão apresentados nos anexos E, F, G e H.

Os resultados evidenciam diferenças marcantes no perfil volátil entre as formulações, particularmente na formulação que levou 25% de malte caramelo 1. Esta amostra destacou-se por apresentar a maior diversidade e intensidade de ésteres, incluindo acetato de isoamila (11,1%), hexanoato de etila (1,2%) e octanoato de etila (0,6%), compostos associados a notas sensoriais de banana, maçã verde e abacaxi, respectivamente. As formulações contendo 100% de malte base de arroz e contendo 15% de malte caramelo 2, apresentaram perfis semelhantes entre si, com produção moderada de acetato de etila (20–32%) e baixos teores dos demais ésteres (acetato de isoamila, hexanoato de etila e octanoato de etila). A formulação controle obteve o perfil mais neutro, condizente com uma fermentação *lager* eficiente, porém sensorialmente limpa. Todas as fermentações foram conduzidas sob condições iguais: mesma cepa de levedura *lager*, mesma temperatura e mesmo ambiente fermentativo.

Dessa forma, as diferenças observadas no perfil de voláteis devem ser atribuídas exclusivamente à composição do mosto de cada formulação. Um baixo teor de FAN no mosto pode levar à superprodução de compostos voláteis durante a fermentação, interferindo nas percepções sensorial para a cerveja.

O perfil volátil das cervejas de arroz produzidas neste trabalho está de acordo com o que foi relatado e observado em outros estudos (Ceccaroni *et al.*, 2019; Ceppi; Brenna, 2010). Os álcoois são importantes compostos voláteis na cerveja. Álcoois superiores podem tornar a cerveja encorpada e possuir um aroma intenso. O conteúdo de álcoois superiores na cerveja não deve exceder 300 mg/L, podendo levar ao aparecimento de sabores picantes ou irritantes (Olaniran *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2021).

Tabela 9. Perfil de compostos voláteis (área%, recalculados sem etanol) das diferentes formulações de cerveja.

Composto (Área %)	Cervejas			
	Formulação 1 (Controle)	Formulação 2	Formulação 3	Formulação 4
Acetato de Etila	Não detectado	20,4	44,2	32,1
2-Metil-1-propanol	15,1	9,5	3,0	9,3
Acetato de 3-metil-1-butanol	5,1	1,8	11,1	2,0
3-Metil-1-butanol	79,8	68,3	32,4	56,6
Hexanoato de etila	-	-	1,2	-
Octanoato de etila	-	-	0,6	-

A fermentação da cerveja com malte de cevada foi eficiente em converter quase todo o extrato do mosto (EP) em álcool e CO₂, deixando pouco extrato residual (ER). Este ambiente de alta atividade fermentativa, embora tenha gerado muito álcool, não foi direcionado para a produção de ésteres frutados, resultando no perfil de álcoois superiores observado. Isso pode estar ligado à cepa de levedura e as condições de fermentação. Nas cervejas de arroz a levedura consumiu apenas uma fração dos açúcares disponíveis, deixando um mosto parcialmente fermentado, rico em extrato residual. Isso pode explicar a o perfil volátil da formulação com 25% de malte caramelo 1. Apesar de a fermentação ter parado, a atividade metabólica inicial foi suficiente para que a levedura, utilizando os precursores disponíveis, sintetizasse ésteres diverso como acetato de isoamila, hexanoato e octanoato. O alto ER da formulação com 25% de malte caramelo 1 explica por que esses ésteres não são mascarados pelo corpo da bebida pois estão presentes em um líquido denso e com dulçor residual (Kunze, 2004; Zhao *et al.*, 2023).

5.3 Análise microbiológica

Os resultados obtidos para a análise microbiológica das quatro cervejas estão apresentados nos anexos I, J, K e L para as quatro formulações. Segundo a Instrução Normativa N° 65/2019 do Ministério da Pecuária e Abastecimento (MAPA) as cervejas sem álcool (até 0,5% v/v) e com teor alcoólico reduzido (até 2,0% v/v) devem obedecer a resolução RDC ANVISA N° 12/2021, apresentando ausência de coliformes a 35 °C/50 mL (Brasil, 2019). Cervejas com teor alcoólico

superior a 2,0% v/v não apresentam obrigatoriedade de se enquadrar nessa resolução para os parâmetros microbiológicos.

As quatro formulações apresentaram valores inferiores a $1,0 \times 10^0$ UFC/mL para a contagem de coliformes totais, garantindo assim estarem aptas ao consumo e em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela legislação, embora não se enquadrem nas categorias que precisam obedecer às previsões da resolução.

5.4 Análise sensorial

Na tabela 10 estão apresentados os resultados da análise sensorial dos atributos de cor, aroma, sabor, amargor e impressão global das cervejas avaliadas. Entre as 4 formulações avaliadas a formulação 2, contendo apenas malte base de arroz, recebeu as menores notas, com suas médias variando entre 4 (desgostei ligeiramente) e 5 (não gostei, nem desgostei). Para o atributo da cor as formulações com malte de cevada, com 25% de malte caramelo 1 e com 15% de malte caramelo 2 não se diferenciaram estatisticamente ($p > 0,05$). Como relatado em um estudo de Mayer *et al.* (2016) cervejas produzidas apenas com malte base de arroz apresentam uma coloração pálida, o que justifica a segunda cerveja ter a menor nota nessa avaliação. As notas obtidas pela formulação com 100% de malte base de arroz mostrou um incomodo e uma resistência quanto a esse parâmetro, provavelmente indicando uma bebida “águada” /diluída. Para esse atributo a produção de maltes especiais de arroz se mostrou eficaz, uma vez que as formulações que levaram esses maltes foram tão bem avaliadas para suas cores quanto a cerveja controle.

Quando avaliadas quanto ao aroma, a formulação que levou malte de cevada foi que obteve melhores notas. As quatro cervejas se diferem estatisticamente ($p > 0,05$) porém a formulação que levou 25% de malte caramelo 1 compartilha características com as formulações controle e com a cerveja que levou 15% de malte caramelo 2. Além da sua contribuição na coloração da cerveja, os maltes especiais impactam também nas características de aroma e sabor. Isso ocorre devido ao escurecimento não enzimático que ocorre em altas temperaturas, conhecido como reação de *Maillard*. Um dos compostos formados durante essa etapa são as melanoidinas, que são formados a partir da reação entre açúcares redutores e aminoácidos presentes no malte, agregando sabores e aromas mais intensos (Coghe *et al.*, 2006; Yahya *et al.*, 2014). As notas obtidas nesse atributo para

as cervejas de arroz foram ligeiramente inferiores quando comparadas com outros estudos (Alves, 2020; Zhao *et al.*, 2023). Devido a sua composição centesimal diferente da cevada, maltes especiais de arroz podem agregar novos sabores e aromas nas cervejas de arroz, buscando atingir outros perfis de consumidores.

Tabela 10. Resultados da análise sensorial das cervejas produzidas neste trabalho.

Atributo	Cervejas			
	Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3	Formulação 4
Cor	7,50 ± 1,42 ^a	4,04 ± 2,25 ^b	7,44 ± 1,54 ^a	7,92 ± 1,41 ^a
Aroma	7,35 ± 1,56 ^b	5,67 ± 2,07 ^c	6,79 ± 1,77 ^{ab}	6,55 ± 2,02 ^a
Sabor	7,22 ± 1,75 ^c	5,48 ± 2,03 ^a	5,87 ± 2,19 ^{ab}	6,37 ± 2,05 ^b
Amargor	7,16 ± 1,64 ^b	5,99 ± 1,95 ^a	6,15 ± 2,01 ^a	6,51 ± 1,91 ^{ab}
Impressão Global	7,42 ± 1,59 ^b	5,57 ± 1,96 ^c	6,41 ± 1,89 ^a	6,78 ± 1,89 ^{ab}

Os valores estão expressos como média e desvio padrão. Médias na mesma linha com letras iguais em sobrescrito não são significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Na avaliação do sabor a formulação controle apresentou a maior nota entre as cervejas, evidenciando uma fermentação limpa e eficaz, com perfil sensorial neutro e compostos voláteis em níveis mais equilibrados. Entre as bebidas de arroz a formulação 4 foi a mais bem avaliada, essa superioridade pode ser explicada pelo uso de malte especial para conferir à cerveja uma profundidade de cor maior, um corpo melhorado e para enfatizar o caráter do malte utilizado, que apresentou coloração e aromas doce mais intensos (Carvalho *et al.*, 2016; Ceccaroni *et al.*, 2019). A formulação com 25% de malte caramelo 1 obteve piores notas quando comparadas a formulação com 15% de caramelo 2, isso pode ser explicado devido ao perfil de compostos voláteis gerados, já que essa cerveja apresentou o perfil mais complexo, com identificação de compostos que contribuem para formação de aromas de banana, maçã e abacaxi.

Para o atributo de amargor a formulação controle apresentou média superior, essa percepção por parte dos avaliadores pode ser explicada devido ao equilíbrio dessa cerveja, quanto

ao corpo, sabor, aroma e outras características sensorial, já que as quatro cervejas apresentaram valores de amargor próximos. Dentre as notas obtidas para a formulação 2, o amargor foi o atributo mais bem avaliado, alcançando média próxima a 6 (gostei ligeiramente). O amargor da cerveja pode ser conferido também pelo malte e pela fermentação, não sendo exclusivamente determinado pelo lúpulo, isso explica as diferenças obtidas entre médias para a avaliação do amargor cervejas. A análise de compostos voláteis mostrou que o perfil de compostos produzidos na fermentação foi diferente para as 4 formulações, e isso interferiu na percepção dos avaliados, mesmo as cervejas apresentar unidades de amargor IBU, bem próximas.

Quanto a impressão global, as quatro formulações apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$), a formulação 1 foi a mais bem avaliada com média de 7,42 (gostei regularmente), já a formulação 2 apresentou média de 5,57 (não gostei nem desgostei) sendo a mais mal avaliada. Quando comparada com um estudo de Alves et al. (2020) essa formulação apresentou notas inferiores. Essa percepção por parte dos avaliadores vai de encontro ao relatado nos estudos de Mayer *et al.*, (2016) e Ceccaroni *et al.*, (2019) onde a cerveja apresentou coloração pálida, baixa retenção de espuma, corpo baixo e aroma e sabor neutros. As formulações 3 e 4 apresentaram melhores entre as cervejas de arroz, que pode ser relacionada com as características oriundas dos maltes especiais, como sabor, aroma, corpo e melhor retenção de espuma.

As diferenças observadas entre a formulação controle e as cervejas elaboradas com maltes de arroz podem ser minimizadas por meio de investigações complementares. Estudos futuros podem explorar a utilização de maltes de arroz produzidos em escala industrial, considerando que o processo em maior escala pode resultar em maior uniformidade e modificação enzimática mais eficiente. O desenvolvimento de novas receitas, utilizando diferentes proporções dos maltes, diferentes maltes tostados, utilização de maltes torrados. Utilização de outras variedades de lúpulos e outras cepas de leveduras.

Essas estratégias poderão contribuir para a redução das diferenças sensoriais e físico-químicas entre as cervejas de arroz e as formulações tradicionais, ampliando o potencial de aplicação desse cereal no setor cervejeiro, especialmente para o desenvolvimento de produtos sem glúten e com perfis sensoriais inovadores."

5.5 Nuvem de palavras

Como solicitado na ficha de avaliação sensorial, os participantes descreveram as formulações utilizando apenas uma palavra. A partir das respostas, foi elaborada uma “nuvem de palavras” (*word cloud*) para cada cerveja. As nuvens geradas estão apresentadas na Figura 9. Os termos que aparecem em destaque foram os mais utilizados pelos avaliadores.

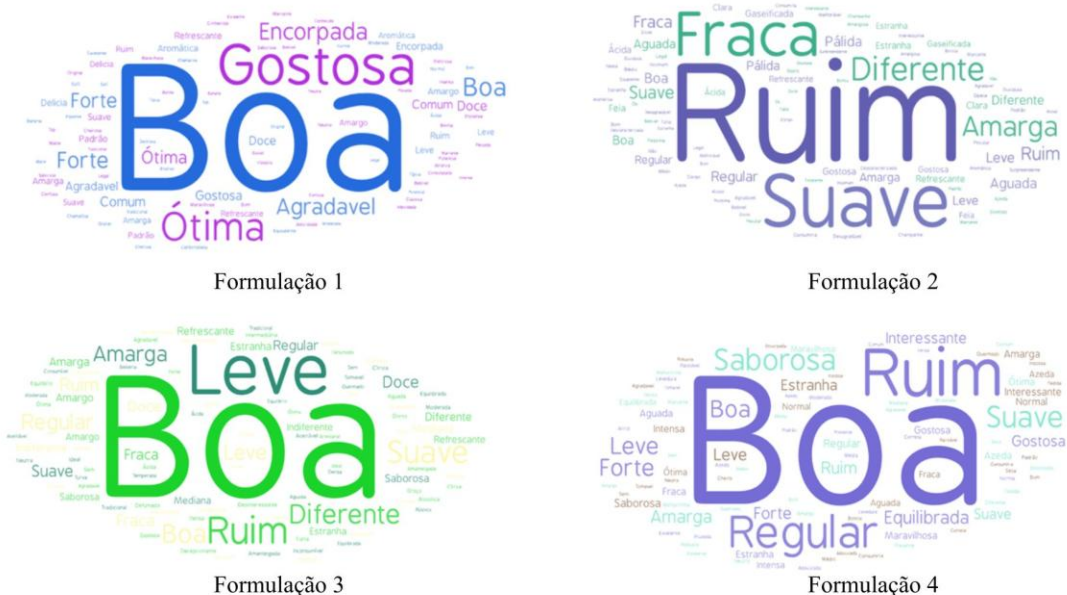


Figura 9. Nuvem de palavras gerada para as quatro cervejas produzidas nesse trabalho

Fonte: De autoria própria.

Para a formulação que levou apenas malte de cevada a palavra “boa” foi a que mais apareceu, sendo citada 15 vezes. Na sequência vieram as palavras “gostosa” (7 vezes), “ótima”, “encorpada”, “agradável” e “forte”, aparecendo 5 vezes cada. “Deliciosa”, “saborosa” “excelente”, “maravilhosa”, apareceram uma vez cada. A formulação com 100% malte base de arroz foi a descrita com as palavras mais negativas, “ruim” foi utilizada 10 vezes, “suave” e “fraca” apareceram 9 vezes cada. “Diferente” (7 vezes), “amarga” (6 vezes), “leve”, “aguada”, “boa”, “regular” e “pálida” foram utilizadas 3 vezes cada. Para as outras duas formulações que levaram maltes caramelos a palavra “boa” foi a mais utilizada, seguidas por “leve”, “ruim” e “suave” para

a formulação com 25% de malte caramelo 1 e por “ruim”, “regular” e “saborosa” para a formulação com 15% de malte caramelo 2.

Essa ferramenta de visualização de dados permite uma rápida identificação dos atributos sensoriais mais percebidos em cada amostra. Para as cervejas produzidas neste trabalho, a nuvem de palavras também mostra a formulação padrão como a mais agradável para os avaliadores, o que era esperado, devido a tradição e gosto popular das cervejas comerciais a base de cevada. A formulação com 100% malte base de arroz apresentou limitações que foram expressas pelos participantes através de palavras que demonstram resistência, principalmente devido a limitação sensorial da matéria-prima. As formulações com maltes especiais de arroz apresentaram resultados satisfatórios devido ao incremento de sabor, corpo e aroma através da produção e utilização dos maltes especiais de arroz.

6 CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que é possível produzir malte de arroz, com parâmetros de maceração, germinação e secagem controlados. A caracterização dos maltes, realizada em parceria com a Agrária Malte, mostrou que os maltes de arroz produzidos são inferiores quando comparados com os maltes de cevada. Porém quando comparados com outros maltes de arroz, os resultados obtidos foram satisfatórios.

As cervejas produzidas com os maltes de arroz apresentaram baixa fermentabilidade, variando entre 36 e 40%, resultando em teores alcoólicos em torno de 2,2% v/v. Os valores de extrato real (próximos de 7,9% m/v), são considerados altos e indicam limitações na capacidade fermentativa do mosto, possivelmente associadas ao baixo teor de FAN, temperatura elevada de gelatinização do arroz e baixo conteúdo enzimático. Apesar disso, a cerveja que levou 25% de malte caramelo 1 destacou-se pelo perfil de compostos voláteis, com detecção de acetato de isoamila (banana), hexanoato de etila (maçã) e octanoato de etila (abacaxi), sugerindo que, mesmo em condições de fermentação parcial, o malte de arroz pode contribuir para o desenvolvimento de aromas frutados complexos. A cerveja produzida com malte de cevada apresentou fermentabilidade de 84%, valor dentro do esperado e que resultou em teor alcóolico de 5,78% v/v. O perfil sensorial foi neutro, com predominância de álcoois superiores, comportamento típico de leveduras *Lager* em mostos bem equilibrados.

A análise sensorial, aliada à geração de nuvem de palavras, evidenciou diferenças entre as formulações reforçando o potencial dos maltes especiais de arroz para a criação de cervejas com perfis sensoriais diferenciados. As cervejas de arroz se mostraram inferiores a formulação controle nos atributos avaliados. Esse resultado era esperado, uma vez que a cevada é estudada e desenvolvida para a produção de cerveja a centenas de anos, além de suas características sensoriais serem mais agradáveis e atrativas ao nosso paladar.

Como limitações do estudo, destaca-se a necessidade de estratégias para otimizar a fermentação dos mostos de arroz. Estudos futuros podem explorar novas metodologias de malteação e novas variedades de arroz, resultando em maltes com melhor atividade enzimática, maior conteúdo de nitrogênio e ainda o escalonamento do processo de malteação, a aplicação de outros perfis de tosta e a avaliação da estabilidade das cervejas ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos**. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2024: informe anual. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 20. mar. 2025.

ALVES, M. M. *et al.* Artisanal beer production and evaluation adding rice flakes and soursop pulp (*Annona muricata L.*) **Food Science and Technology**. v.40, p. 545-549, 2020.

Analytica-EBC; Section 4 Malts. Methods 4.3.2; 4.7.1; 4.10; 4.12; 4.13.1; 4.15; 4.16.3. Bruxelas, 2019.

Analytica-EBC; Section 9 Beer. Methods 9.6; 9.8. Bruxelas, 2019.

ANTUNES, J. Reunião vai apresentar cenário da produção de cevada no Brasil. **Embrapa**, 15 jul. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/33-reuniao-cevada>. Acesso em: 30 abr. 2024.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 15. ed. Virginia: Association of official analytical chemists, Inc, 1990.

BAINES, J; MALIK, J. **Cultural Atlas of Ancient Egypt**. London: Andromeda Oxford Limited, 2008.

BARTHAAS. Variedade de Lúpulos. **BarthHaas**, Nuremberg, 2025. Disponível em: <https://www.barthhaas.com/hops-and-products/hop-varieties-overview> Acesso em: 01 dez. 2024.

BENNETT, J. **Ale, Beer, and Brewsters in England**. Oxford: OUP, Inc, 1996.

BERNARD, M. Determination of repeatability and reproducibility of EBC [European Brewery Convention] accepted methods: Beer. **Belgian Journal of Brewing and Biotechnology**, v.25, n. 2 p. 20-25, 2000.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Lúpulo no Brasil: perspectivas e realidades. Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo. Brasília, DF, 2022. Disponível em: [/https://www.gov.br/agricultura/pt-br/arquivos/livro_lupulo-no-brasil-perspectivas-e-realidade](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/arquivos/livro_lupulo-no-brasil-perspectivas-e-realidade). Acesso em: 05 mai. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 11 de 13 de novembro de 2013. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 13 de nov. 2013. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-11-de-13-de-novembro-de-2013-232666432>. Acesso em: 19 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 691 de 22 de novembro de 1996. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 22 de nov. 1996. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=2140540241>. Acesso em: 14 mai. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 65 de 10 de dezembro de 2019. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 de dez. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-65-de-10-de-dezembro-de-2019-232666262>. Acesso em: 13 mar. 2025.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Anuário da cerveja 2024: ano de referência: 2023. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/anuarios-de-produtos-de-origem-vegetal-pasta/anuario-da-cerveja-2024-ano-referencia-2023/view>. Acesso em: 14 jun. 2024.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Anuário da cerveja 2025: ano de referência: 2024. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt->

br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/anuarios-de-produtos-de-origem-vegetal-pasta/anuario-da-
cerveja-2025-ano-referencia-2023/view. Acesso em: 10 out. 2025.

CAMARCA, A., *et al.* Intestinal T cell responses to gluten peptides are largely heterogeneous: implications for a peptide based therapy in celiac disease. **Journal of Immunology**, v.182, p. 4158-4166, 2009.

CARNEIRO, H. **Bebida, abstinência e temperança: na idade antiga e idade moderna.** São Paulo: Editora SENAC, 2010.

CARVALHO, G. B. M.; BENTO, C, V.; SILVA, J. B. A. Elementos Biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 1ª parte – as leveduras. **Revista Analytica**. n.25, p. 36-42, 2006.

CARVALHO, D. O.; GONÇALVES, L. M.; GUIDO, L. F. Overall antioxidant properties of malt and how they are influenced by the individual constituents of barley and the malting process. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, p. 927–943. 2016.

CECCARONI, D. et al. Specialty rice malt optimization and improvement of rice malt beer aspect and aroma. **LWT – Food Science and Technology**, v.99, p. 299-305, 2019.

CEPPI, E. L. M.; BRENNNA, O. V. Experimental studies to obtain rice malt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 7701-7707, 2010.

CEPPI, E. L. M.; BRENNNA, O. V. Brewing with rice malt e a gluten-free alternative. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 116, p. 275-279, 2012.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Commission regulation** (EC) No 41/2009 of 20 January 2009 concerning the composition and labelling of foodstuffs suitable for people intolerant to gluten.

COELHO NETO, D. M. *et al.* Estudo do perfil químico de cervejas brasileiras: uma avaliação entre as bebidas artesanais e industriais. **Química Nova**, v. 45, n. 5, p. 518–530, 2022.

CONAB. Último lançamento da safra 2023/2024 estima produção de grãos em 298,41 milhões de toneladas. **CONAB**, 12 set. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5728-ultimo-levantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 01. dez. 2024.

COUTINHO, C. A. T. A Cerveja e sua história. **Cervesia**, 22 fev. 2016. Disponível em: <https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/cerveja/historia-da-cerveja/1-a-cerveja-e-sua-historia.html>. Acesso em: 28 mai. 2024.

DUTCOSKY, Silvia Deboni. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. rev. e ampl. Curitiba: Champagnat, 2007. 239p.

ESCOHOTADO, A. **Las drogas: de los orígenes a la prohibición**. Espanha: Alianza editorial, 1994.

FAOSTAT. Crops and livestock products. **Faostat**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 24 nov. 2024.

FEITOSA, T. O que são escolas cervejeiras? Conheça as quatro principais. **Gazeta**, 22 abr. 2022. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/colunas/tayna-feitosa/o-que-sao-escolas-cervejeiras-conheca-as-quatro-principais-0422>. Acesso em: 28 nov. 2024.

FERMENTIS. Soluções para Cervejarias. **Fermentis by Lesaffre**, Marquette-lez-Lille, 2025. Disponível em: <https://fermentis.com/en/fermentation/active-dry-yeast/> Acesso em: 01 dez. 2024.

FREITAS, F. Afinal, o que é cerveja artesanal? **Cervejar**, 04 mai. 2023. Disponível em: <https://cervejar.com/o-que-e-cerveja-artesanal/>. Acesso em: 29 nov. 2024.

GALLONE, B. *et al.* Domestication and divergence of *Saccharomyces cerevisiae* beer yeasts. **Cell**, v. 166, n. 6, p. 1397-1410, 2016.

GIBSON, B.; LITI, G. *Saccharomyces pastorianus*: genomic insights inspiring innovation for industry. **Yeast**, v. 32 n. 1 p. 17-27, 2015.

GUIMARÃES, J.J. **Comportamento agrônômico do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) em cultivo protegido submetido a irrigações com diferentes faixas de pH da água na região de Botucatu - SP.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020.

HAGER, A. S. *et al.* Gluten free beer - A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 36 p. 44-54, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IZYDORCZYK, M. S.; EDNEY, M. Barley: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. In: WRIGLEY, C; BATEY, I; MISKELLY, D. **Cereal Grains: Assessing and managing quality**. 2. ed. Sawston: Woodhead Publishing, 2017. cap. 9 p. 195-234.

JOHNSON, S. **The ghost map: the story of London's most terrifying epidemic—and how it changed science, cities, and the modern world**. New York: Riverhead Books, 2006.

JULIANO, B. O. Rice: Overview. **Encyclopedia of Food Grains**, v.2 p. 125-129, 2014.

KENNEDY, G. *et al.* Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, v.51, p.33-42, 2002.

KREISZ, S. Malting. In: Eßlinger H.M. **Handbook of Brewing**. Weinheim: Wiley-VCH, 2009. Cap. 6 p.147.

KROFTA, K.; MIKYŠKA, A.; VRZAL, T. Comparison of phytochemical and brewing characteristics of Cascade and Kazbek hop cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 135, 2024.

KROTTENHALER, M. Hops. In: Eßlinger H.M. **Handbook of Brewing**. Weinheim: Wiley-VCH, 2009. Cap. 3 p.85.

KROTTENHALER, M.; Glas K. Brew Water. In: Eßlinger H.M. **Handbook of Brewing**. Weinheim: Wiley-VCH, 2009. Cap. 4 p.105.

KUNZE, W. **Technology brewing and malting**. 3. ed. Berlin: VLB Berlin, 2004.

LAYFIELD, J. B.; SHEPPARD, J. D. What brewers should know about viability, vitality, and overall brewing fitness: a mini-review. **MBAA TQ**, v. 52, n. 3, p. 132-140, 2015.

LI, M. *et al.* Effect of pearling on composition, microstructure, water migration and cooking quality of highland barley (*Hordeum vulgare* var. *Coeleste* Linnaeus). **Food Chemistry**, v. 395, 133573, 2022.

MADEIRA, J. S. **Perfil do consumidor de cervejas especiais: Uma contribuição para o estudo do consumo nas ciências sociais**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

MERCIER, S.; VILLENEUVE, S.; MONDOR, M.; MORESOLI, C.; MARCOS, B. Modeling of the water absorption during the steeping of yellow peas. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, p. 20-28, 2015.

MAYER, H. *et al.* Development of an all rice malt beer: A gluten free alternative. **LWT – Food Science and Technology**, v. 67, p. 67–73, 2016.

MAYER, H. *et al.* Production of a saccharifying rice malt for brewing using different rice varieties and malting parameters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 23, p. 5369–5377, 2014.

MEUSSDOERFFER, F., ZARNKOW, M. Starchy raw materials. In: Eßlinger H.M. **Handbook of Brewing**. Weinheim: Wiley-VCH, 2009. Cap. 2 p.43.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja**: A história e as curiosidades de uma das bebidas mais populares do mundo. 1. ed. São Paulo: Alaúde, 2017.

MOURET, J. R. *et al.* Dynamics and quantitative analysis of the synthesis of fermentative aromas by an evolved wine strain of *Saccharomyces cerevisiae*. **Yeast**, v. 32 n. 1 p. 257-269, 2015.

NARZIß, L.; BACK, W. **Die bierbrauerei**: Band 1: Die technologie der malz bereitung. Weinheim: Wiley-VCH, 2012.

OLANIRAN, A.O., HIRALAL, L., MOKOENA, M.P., PILLAY, B. Flavour-active volatile compounds in beer: production, regulation and control. **Journal of the Institute of Brewing** v.123, p. 13–23. 2017.

RIBERÉAU- GAYON, P. **Handbook of Enology**: The chemistry of wine stabilization and treatments. 2. ed. England: John Wiley & Sons Ed, 2006.

RICHARD, K. A Brief History of Women and Beer, From Sumerian Goddesses to the Pink Boots Society, **Wine Enthusiast**, 22, dez. 2020. Disponível em: <https://www.wineenthusiast.com/culture/spirits/women-beer-history/?srsltid=AfmBOopHstODGUyCef6kZDnRYgmOaLSa5yFvKxFRKAj-usRn-4ojfbp4>. Acesso em: 09. Mar. 2025.

SAERENS, S. M. G.; DUONG, C. T.; NEVOIGT, E. Genetic improvement of brewer's yeast: current state, perspectives and limits. **Applied Microbiology And Biotechnology**, v. 86, n. 5, p. 1195-1212, 2010.

SAMPAIO, R. M. *et al.* Importações de lúpulo fomentam a produção agrícola nacional e o mercado cervejeiro. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 19, n. 6, p. 1-7, jun. 2024. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=16215>. Acesso em: 05. Mai. 2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Tecnologia Cervejeira**. 1. ed. Rio de Janeiro: Sistema Firjan, 2014.

SILVA, J. B. A. Cerveja. In: VENTURINI, W. G. Filho. **Tecnologia de bebidas**. São Paulo: Edgar Blücher, 2005. Cap. 15 p. 353.

SLEIMAN, M; VENTURINI, W.G. Filho. Água. In: VENTURINI, W. G. Filho. **Bebidas não alcoólicas**. São Paulo: Edgar Blücher, 2010. Cap. 2 p. 13.

SILVA, O. F.; WANDER. A. E. Estatísticas de produção. **Embrapa**, 10 nov. 2023. Disponível em: <https://embrapa.br/agencia-de-informação-tecnologica-cultivos/arroz/pre-produção/socioeconomia/prepr>. Acesso em: 04 dez. 2024.

TENGE, C. Yeast. In: Eßlinger H.M. **Handbook of Brewing**. Weinheim: Wiley-VCH, 2009. Cap. 5 p. 129.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2018. 943 p.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia** (Volume 1). 1. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

VERSTREPEN, K. J. *et al.* Expression levels of the yeast alcohol acetyltransferase genes *ATF1*, *Lg-ATF1*, and *ATF2* control the formation of a broad range of volatile esters. **Applied And Environmental Microbiology**, v. 69, n. 9, p. 5228-5237, 2003.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; DE AVILA, L. A. Arroz: Composição e características nutricionais. **Ciência Rural**. v.38, n.4, 2008.

WEYERMANN. Produtos para cervejarias. **Weyermann Special Malts**, Bamberg, 2025. Disponível em: <https://www.weyermann.de/en-us/products-2/brewery-2/> Acesso em: 01 dez. 2024.

WU, J.; LIU, Y., ZHAO, H., HUANG, M., SUN, Y., ZHANG, J., SUN, B. Recent advances in the understanding of off-flavors in alcoholic beverages: generation, regulation, and challenges. **Journal of Food Composition and Analysis**. V. 103, p. 104117. 2021

YAHYA, H.; LINFORTH, R. S. T.; COOK, D. J. Flavour generation during commercial barley and malt roasting operations: A time course study. **Food Chemistry**, v.145, p. 378–387, 2014.

ZHAO, X. *et al.* Potential of germinated brown rice in beer Brewing. **Journal of Cereal Science**, v. 114, p. 1195-1212, 2023.

ÂPENDICE A

Dados meteorológicos registrados pela Estação Meteorológica Convencional localizada na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, para o período entre o plantio e a colheita do arroz utilizado nesse trabalho.

Data	Temperatura do ar			Umidade relativa	Chuva	Insolação	Radiação solar incidente*	Fotoperíodo*
	máxima	mínima	média					
	°C			%	mm	horas	MJ/m ² /dia	horas
20/12/2023	33,92	19,85	26,89	70,51	13,60	8,05	20,85	12,99
21/12/2023	31,38	20,79	26,09	78,39	17,40	6,06	13,86	12,99
22/12/2023	24,20	20,80	22,50	91,30	0,00	0,43	6,93	12,99
26/12/2023	34,65	21,05	27,85	69,59	0,40	7,79	24,88	12,98
30/12/2023	34,40	21,38	27,89	73,94	0,40	7,47	19,16	12,97
31/12/2023	33,54	21,44	27,49	72,95	0,20	6,95	24,68	12,97
01/01/2024	29,71	20,45	25,08	79,91	10,40	5,21	15,72	12,97
06/01/2024	30,11	20,75	25,43	81,47	0,00	5,27	18,87	12,94
07/01/2024	33,24	20,28	26,76	71,99	0,20	7,42	21,73	12,94
10/01/2024	32,01	20,85	26,43	76,52	2,40	6,37	22,48	12,92
11/01/2024	30,67	20,58	25,63	79,35	1,20	5,72	15,13	12,91
18/01/2024	36,19	19,49	27,84	65,80	0,60	9,29	25,08	12,85
26/01/2024	31,92	21,01	26,47	75,00	0,80	6,16	17,07	12,78
27/01/2024	31,30	20,34	25,82	70,60	3,20	6,18	15,83	12,77
02/02/2024	33,42	19,36	26,39	72,84	0,00	7,86	21,31	12,70
03/02/2024	28,93	19,20	24,07	81,98	0,00	5,39	9,08	12,68
09/02/2024	32,74	19,53	26,14	73,43	0,20	7,36	16,28	12,61
14/02/2024	34,00	19,67	26,84	73,44	9,40	7,90	23,95	12,54
15/02/2024	34,88	19,51	27,20	67,41	3,40	8,41	26,07	12,52
22/02/2024	32,14	19,27	25,71	72,79	0,00	7,07	18,24	12,42
26/02/2024	32,33	19,53	25,93	75,75	56,00	7,00	20,08	12,36
05/03/2024	33,02	18,77	25,90	68,07	0,00	7,68	19,82	12,25
06/03/2024	31,35	21,41	26,38	77,72	6,00	5,33	11,62	12,24
10/03/2024	30,59	20,85	25,72	76,14	59,60	5,18	17,76	12,18
11/03/2024	28,31	20,51	24,41	82,61	0,00	3,95	11,98	12,16
23/03/2024	33,16	18,28	25,72	72,86	6,00	7,81	20,03	11,97
28/03/2024	31,24	19,63	25,44	73,09	1,60	6,11	15,66	11,89
29/03/2024	33,74	18,90	26,32	71,35	0,00	7,73	15,44	11,87
30/03/2024	34,06	16,41	25,24	66,05	18,60	8,99	22,93	11,86

APÊNDICE B

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada “Malteação de grãos de arroz e aplicação na obtenção de cervejas”. Meu nome é Gabriel Solino Coelho, sou o pesquisador responsável e minha área de atuação é Ciência e Tecnologia de Alimentos. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento. O termo está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra ficará comigo. Esclareço que em caso de recusa na participação, em qualquer etapa da pesquisa, você não será penalizado(a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pelo pesquisador responsável, via e-mail: gabrielsolino@discente.ufg.br e, através do seguinte contato telefônico: (62)982942285, inclusive com possibilidade de ligação a cobrar. Ao persistirem as dúvidas sobre os seus direitos como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** da Universidade Federal de Goiás, pelo telefone (62)3521-1215, que é a instância responsável por dirimir as dúvidas relacionadas ao caráter ético da pesquisa. O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (CEP-UFG) é independente, com função pública, de caráter consultivo, educativo e deliberativo, criado para proteger o bem-estar dos/das participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, visando contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos vigentes.

A presente pesquisa tem como objetivo geral produzir maltes de arroz em diferentes temperaturas de secagem e aplicá-los na obtenção de cervejas artesanais. Você deverá responder um questionário de avaliação sensorial de cervejas produzidas a partir do malte de arroz produzido nessa pesquisa e para isso deverá reservar um período de cerca de 30 min. Você tem direito ao ressarcimento das despesas decorrentes da cooperação com a pesquisa, inclusive transporte e alimentação, se for o caso. Em caso de danos, você tem o direito de pleitear indenização, conforme previsto em Lei.

Se você optar por não ter seu nome divulgado, garantimos o sigilo necessário para preservar sua privacidade e anonimato. As informações obtidas nesta pesquisa serão tratadas de forma confidencial e utilizadas exclusivamente em eventos ou publicações científicas. A participação envolve riscos associados à ingestão de bebidas alcoólicas, como sonolência, comprometimento

da atenção e da memória, dores de cabeça, náuseas, tontura, sede intensa e incoordenação motora. Mulheres gestantes não devem participar, devido aos riscos à saúde. Também é contraindicado para pessoas com intolerância ao glúten, em razão da possibilidade de contaminação cruzada durante a produção da bebida, menores de 18 anos, indivíduos que fazem uso de medicamentos controlados, pessoas com problemas respiratórios e aqueles que pretendem conduzir veículos automotores após a análise. É importante destacar que a ingestão da amostra não é obrigatória, podendo ser descartada pelos avaliadores conforme a vontade do participante.

A pesquisa traz como benefícios a exploração de uma matéria prima ainda não utilizada para produção de cervejas, que pode trazer sabores e aromas diferentes e uma nova experiência sensorial para o consumidor. Caso haja alguma ocorrência, o indivíduo será imediatamente encaminhado para a unidade de saúde mais próxima.

Durante todo o período da pesquisa e na divulgação dos resultados, sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de alguma forma, identificar-lhe, será mantido em sigilo. Todo material ficará sob minha guarda por um período mínimo de cinco anos.

Pode haver necessidade de utilização dos dados coletados em pesquisas futuras, desde que seja feita nova avaliação pelo CEP/UFG. Assim, solicito a sua autorização, validando a sua decisão com uma rubrica entre os parênteses abaixo:

() Declaro ciência de que os meus dados coletados podem ser relevantes em pesquisas futuras e, portanto, autorizo a guarda do material em banco de dados e/ou biobancos e biorrepositórios.

() Declaro ciência de que os meus dados coletados podem ser relevantes em pesquisas futuras, mas não autorizo a guarda do material em banco de dados e/ou biobancos e biorrepositórios.

1.2 Consentimento da Participação da Pessoa como Sujeito da Pesquisa:

Eu,, abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado “**Malteação de grãos de arroz e aplicação na**

obtenção de cervejas”. Informo ter mais de 18 anos de idade e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente esclarecido(a) pelo pesquisador responsável **Gabriel Solino Coelho** sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Goiânia, de de

Assinatura por extenso do(a) participante

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável

APÊNDICE C

Ficha de Avaliação Sensorial.

Nome: _____

Qual seu vínculo com a Universidade Federal de Goiás (UFG)?

- Discente
- Docente
- Técnico Administrativo em Educação (TAE)
- Outro
- Não possui vínculo
- Prefiro não responder/não dizer

Qual sua faixa etária?

- 18 a 29 anos
- 30 a 44 anos
- 45 a 60 anos
- Mais de 60 anos
- Prefiro não responder/não dizer

Você tem o hábito de consumir Cervejas Especiais/Artesanais?

- Sim
- Não
- Prefiro não responder/não dizer

Instruções: Você está recebendo individualmente quatro (04) amostras de cervejas, sendo uma (01) delas formulação controle, produzida com malte *Pilsen*, e três (03) produzidas com maltes de arroz e elaboradas com diferentes proporções destes maltes. Por favor, avalie e indique, usando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra individualmente em relação aos seguintes atributos: cor, aroma, sabor, amargor e impressão global. Após a avaliação da cor (visual) e do aroma (olfativa), avalie o sabor da cerveja, bem como o amargor e, finalmente a impressão global (nota geral do produto). Ao final da avaliação, associe cada amostra avaliada a uma única palavra (a primeira que vier à sua mente) e escreva-a abaixo. As amostras podem ser descartadas caso você não deseje ingeri-las.

Amostra: _____

- (1) Desgostei Extremamente
- (2) Desgostei Moderadamente
- (3) Desgostei Regularmente
- (4) Desgostei Ligeiramente
- (5) Não gostei, nem desgostei
- (6) Gostei Ligeiramente
- (7) Gostei Regularmente
- (8) Gostei Moderadamente
- (9) Gostei Extremamente

Cor	
Aroma	
Sabor	
Amargor	
Impressão Global	

Descreva esta cerveja em apenas uma palavra: _____

Amostra: _____

- (1) Desgostei Extremamente
- (2) Desgostei Moderadamente
- (3) Desgostei Regularmente
- (4) Desgostei Ligeiramente
- (5) Não gostei, nem desgostei
- (6) Gostei Ligeiramente
- (7) Gostei Regularmente
- (8) Gostei Moderadamente
- (9) Gostei Extremamente

Cor	
Aroma	
Sabor	
Amargor	
Impressão Global	

Descreva esta cerveja em apenas uma palavra: _____

Amostra: _____

- (1) Desgostei Extremamente
- (2) Desgostei Moderadamente
- (3) Desgostei Regularmente
- (4) Desgostei Ligeiramente
- (5) Não gostei, nem desgostei
- (6) Gostei Ligeiramente
- (7) Gostei Regularmente
- (8) Gostei Moderadamente
- (9) Gostei Extremamente

Cor	
Aroma	
Sabor	
Amargor	
Impressão Global	

Descreva esta cerveja em apenas uma palavra: _____

Amostra: _____

- (1) Desgostei Extremamente
- (2) Desgostei Moderadamente
- (3) Desgostei Regularmente
- (4) Desgostei Ligeiramente
- (5) Não gostei, nem desgostei
- (6) Gostei Ligeiramente
- (7) Gostei Regularmente
- (8) Gostei Moderadamente
- (9) Gostei Extremamente

Cor	
Aroma	
Sabor	
Amargor	
Impressão Global	

Descreva esta cerveja em apenas uma palavra: _____

ANEXO A

Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
GOIÁS - UFG



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MALTEAÇÃO DE GRÃOS DE ARROZ E APLICAÇÃO NA OBTENÇÃO DE CERVEJAS

Pesquisador: FRANCIELO VENDRUSCOLO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 92252025.5.0000.5083

Instituição Proponente: Universidade Federal de Goiás - UFG

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.900.555

Apresentação do Projeto:

As cervejas consideradas artesanais são aquelas produzidas sem finalidade comercial, apenas para consumo próprio, buscando novos, sabores, aromas e experiências. Já as cervejas especiais são aquelas que são produzidas buscando estilos ainda não conhecidos pela maioria, com variação de sabor, cor, aroma, que podem vir através de novas combinações entre as matérias-primas. Cerca de 50% de toda a cevada utilizada para produção de maltes no Brasil é importada de países vizinho como a Argentina e Uruguai, isso abre espaço para o uso de outros cereais na produção de maltes. No continente africano é comum a produção de malte de sorgo como uma alternativa ao malte de cevada, devido à baixa disponibilidade da cevada e alta disponibilidade do sorgo. Esse trabalho tem por objetivo maltear grãos de arroz e aplicar na obtenção de cerveja, determinar as condições de hidratação e germinação dos grãos de arroz visando a obtenção de malte de arroz; aplicar as condições de germinação para obtenção de malte base; submeter os grãos de arroz maltados a condições de temperatura e tempo em tostagem e torrefação para obtenção de maltes especiais; determinar as características físico-químicas dos maltes produzidos; aplicar os maltes produzidos na obtenção de cerveja; determinar as características físico-químicas das cervejas produzidas a partir do malte de arroz obtido neste trabalho; submeter as cervejas produzidas a análise sensorial.

Hipótese:

Esse trabalho, busca destacar o Brasil como um dos maiores produtores de arroz no mundo e

Endereço: Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2,sala 110, piso 1
Bairro: Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
GOIÁS - UFG



Continuação do Parecer: 7.900.555

preencher essa lacuna explorando a viabilidade técnica do malte de arroz, viabilizando sua malteação e apresentado assim uma alternativa do mercado interno para produção de cervejas. Apesar da dominância da cevada, estudos passados indicam potencial da utilização do arroz na produção de cerveja, mas desafios como baixa atividade enzimática e necessidade de protocolos adaptados exigem investigação.

Metodologia Proposta:

Para a análise sensorial das cervejas será aplicado o teste de aceitação hedônica de 9 pontos baseado em Dutcosky (2007), onde 1 corresponde a „não gostei muito“ e 9 a „gostei muito“. Serão avaliados os seguintes atributos: cor, amargor, aroma, sabor e impressão global. Cada provador receberá 30 mL de cada amostra de cerveja a aproximadamente 5 °C, codificada com três dígitos aleatórios. Água mineral e biscoito também serão servidos para limpar o paladar. O painel sensorial contará com a participação de 100 provadores não treinados, de ambos os sexos, com idade a partir de 18 anos. Os julgadores serão angariados na escola de agronomia e na Universidade Federal de Goiás, via e-mail e com cartazes nas unidades acadêmicas. Os avaliadores selecionados deverão ser consumidores de bebidas alcoólicas, principalmente cerveja. Serão excluídas da avaliação mulheres gestantes ou com intenção de engravidar, menores de 18 anos, pessoas portadoras de doença celíaca, pessoas que fazem uso de remédios controlados e pessoas com problemas respiratórios, além disso a participação não é recomendada para aqueles que irão conduzir

veículos automotores. É importante mencionar que os avaliadores poderão descartar a amostra, não sendo obrigatória sua ingestão. A análise será realizada em uma única sessão para cada avaliador e com previsão de duração de 3 dias para realização da análise dos 100 avaliadores. Será realizada no Laboratório de Análise Sensorial da Escola de Agronomia, em cabines individuais. Os resultados da análise sensorial serão submetidos à análise de variância (ANOVA) para identificar se há diferenças significativas e as médias comparadas pelo teste de Tukey com significância de 5% para determinar quais grupos se diferem.

Critério de Inclusão:

O painel sensorial contará com a participação de 100 provadores não treinados, de ambos os sexos, com idade a partir de 18 anos. Os avaliadores selecionados deverão ser consumidores de bebidas alcoólicas, principalmente cerveja.

Critério de Exclusão:

Serão excluídas da avaliação mulheres gestantes ou com intenção de engravidar, menores de 18 anos, pessoas portadoras de doença celíaca, pessoas que fazem uso de remédios

Endereço: Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2, sala 110, piso 1
Bairro: Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
GOIÁS - UFG



Continuação do Parecer: 7.900.555

controlados e pessoas com problemas respiratórios, além disso a participação não é recomendada para aqueles que irão conduzir veículos automotores. É importante mencionar que os avaliadores poderão descartar a amostra, não sendo obrigatória sua ingestão.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Esse trabalho tem por objetivo maltear grãos de arroz e aplicar na obtenção de cerveja.

Objetivo Secundário:

Determinar as condições de hidratação e germinação dos grãos arroz visando a obtenção de malte de arroz; aplicar as condições de germinação para obtenção de malte base; submeter os grãos de arroz maltados a condições de temperatura e tempo em tostagem e torrefação para obtenção de maltes especiais; determinar as características físico-químicas dos maltes produzidos; aplicar os maltes produzidos na obtenção de cerveja;

determinar as características físico-químicas das cervejas produzidas a partir do malte de arroz obtido neste trabalho; submeter as cervejas produzidas a análise sensorial.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos associados a essa pesquisa estão relacionados com a ingestão de bebidas alcoólicas, como sonolência, comprometimento da atenção ou da memória, dores de cabeça, náuseas, tontura, sede intensa e incoordenação motora, além do risco para mulheres gestantes, que não devem participar dessa análise. Pessoas com intolerância ao glúten não devem participar dessa análise.

Benefícios:

Contribuição com a pesquisa que tem como objetivo geral produzir malte de arroz usando diferentes temperaturas de secagem e torrefação para obtenção de diferentes tipos de malte e aplicação dos grãos malteados na obtenção de cervejas artesanais.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Esse projeto visa a obtenção de uma cerveja artesanal utilizando malte de arroz, sendo realizado todo o processo de malteação dos grãos de arroz com casca. O uso de arroz busca permitir o consumo de cerveja por pessoas que são acarretadas com a doença celíaca, já que o arroz não contém glúten, além de trazer mais uma opção de cereal que pode ser utilizado na produção da bebida, uma vez que o arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, principalmente no Brasil. As cervejas produzidas neste trabalho serão submetidas a

Endereço: Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2,sala 110, piso 1
Bairro: Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
GOIÁS - UFG



Continuação do Parecer: 7.900.555

uma análise sensorial para avaliação, esperando-se assim uma bebida bem avaliada para o consumo.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados:

- Informações básicas do projeto;
- TCLE;
- Projeto detalhado;
- Termo de compromisso;
- Folha de rosto;
- Orçamento;
- Cronograma.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa - CEP, manifesta-se pela aprovação da pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG considera o presente protocolo APROVADO. A pesquisa foi considerada em acordo com os princípios éticos vigentes.

Atenção para a Resolução CNS nº466/12, o pesquisador responsável deve: assegurar aos participantes da pesquisa os benefícios resultantes do projeto, seja em termos de retorno social, acesso aos procedimentos, produtos ou agentes da pesquisa; E Resolução 510/16 Art 17º VI -que dispõe sobre a garantia aos participantes do acesso aos resultados da pesquisa.

Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar ao CEP-UFG os relatórios parciais e o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Resolução CNS n. 466/12 e Resolução CNS n. 510/16. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, previsto para 17/03/2026.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2570605.pdf	19/09/2025 08:54:33		Aceito

Endereço: Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2,sala 110, piso 1
Bairro: Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
GOIÁS - UFG



Continuação do Parecer: 7.900.555

Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Franciolo.pdf	19/09/2025 08:54:05	GABRIEL SOLINO COELHO	Aceito
Outros	Termo_compromisso_assinado.pdf	19/09/2025 08:51:36	GABRIEL SOLINO COELHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Gabriel_Solino_Oficial.pdf	17/09/2025 10:18:48	GABRIEL SOLINO COELHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Gabriel_Solino.docx	25/06/2025 20:36:08	GABRIEL SOLINO COELHO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

GOIANIA, 13 de Outubro de 2025

Assinado por:
ROBERTA CARVALHO CRUVINEL
(Coordenador(a))

Endereço: Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2,sala 110, piso 1
Bairro: Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br

ANEXO B

Laudo do malte base de arroz emitido pela Agrária Malte.



Cooperativa Agrária Agroindustrial

RELATÓRIO DE ENSAIOS
Nº de série: 60512/25

DADOS DA AMOSTRA FORNECIDA PELO CLIENTE	
Lote de controle	150000291803
Amostra física	800076599
Data de criação da amostra	14/10/2025
Tipo de amostra	Tipo de amostra indefenido
Batch	:
Produto	AMOSTMALTE - AMOSTRA MALTE
Cliente	0330 - Cervejaria Experimental
Endereço	Av Paraná 211 - Col. Vitória/Guarapuava - PR - 85139-400

PERÍODO DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: 16/10/2025 a 16/10/2025

VERSÃO: 1

A amostragem do material e identificação é de total responsabilidade do cliente. Os resultados são restritos ao material recebido no laboratório. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

Característica de controle	Resultado / Unidade	Procedimento	Método	Incerteza medição
UMIDADE DO MALTE	5,0 %	.....	MANLAB018 Item 3	.....
COR DO MOSTO	1,3 EBC	.....	A-EBC - 4.7.1	.....
COR DO MOSTO ASBC	0,6 ASBC ⁽¹⁾		0,2474
COR DO MOSTO APÓS FERVURA	2,5 EBC	.....	A-EBC - 4.19	.....
PROTEÍNA MALTE	7,8 %	.....	EBC - 4.3.2	.....
NITROGÊNIO TOTAL	1,245 %	.....	EBC - 4.3.2	.....
PROTEÍNA SOLÚVEL	1,5 %	.....		.....
PODER DIASTÁSICO	13 WK	.....	EBC - 4.12	.....
PODER DIASTÁSICO ASBC	8 ASBC ⁽¹⁾		1,7563
FAN I.A mg/100g	44 mg/100g	.....	A-EBC - 8.10	.....
FAN mg/L	68 mg/l	.....	EBC-8.10	.....
NITROGÊNIO SOLÚVEL POR ESPECTRO mg/100g	241 mg/100g ⁽¹⁾	A-EBC - 4.9.2	.....
NITROGÊNIO SOLÚVEL POR ESPECTRO mg/L	265 mg/l	.....	A-EBC - 4.9.2	.....
ALFA - AMILASE	-2,2 DU ⁽¹⁾	MANLAB018 Item 3	.....
B-GLUCANOS	40,0 mg/l	.....	EBC-4.16.3	.....
FRIABILIDADE DO MALTE	40,6 % ⁽¹⁾	EBC - 4.15	.....
FRIABILIDADE CORRIGIDA	42,2 %	.....	A-EBC - 4.15	.....
VISCOSIDADE DO MOSTO	1,128 mPa.s ⁽¹⁾	EBC-8.4	.....
EXT.FAR. FINA E FAR.GROSSA				
EXTRATO MOAGEM FINA I.A.	25,9 % ⁽¹⁾	A-EBC - 4.5.1	.....
EXTRATO MOAGEM FINA C.R.	24,6 % ⁽¹⁾	EBC - 4.5.1	.....
EXTRATO MOAGEM GROSSA I.A.	20,5 % ⁽¹⁾	EBC - 4.5.1	.....
EXTRATO MOAGEM GROSSA C.R.	19,5 % ⁽¹⁾	A-EBC - 4.5.1	.....
DADOS INTERPRETATIVOS				
DIFERENÇA DE EXTRATO	5,4 %	.....	A-EBC-4.5.1	.....
ÍNDICE DE KOLBACH	19 %	.....	A-EBC 4.9.2	.....
CLASSIFICAÇÃO DE MALTE				
PENEIRAS I + II (%>2,5 MM)	0,0 %	.....	A-EBC - 4.22	.....
2,8 MM	0,0 %	.....	EBC - 4.22	.....
2,5 MM	0,0 %	.....	EBC - 4.22	.....
2,2 MM	4,6 %	.....	EBC - 4.22	.....



**Cooperativa Agrária Agroindustrial
Laboratório Central**

**RELATÓRIO DE ENSAIOS
Nº de série: 60512/25**

SUBSTÂNCIAS ESTRANHAS	0,1 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
< 2,2 MM	95,2 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
PO/PALHA/CASCAS	0,1 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
GRÃOS QUEBRADOS	0,1 %	-----	EBC - 4.22	-----
SEMENTES ESTRANHAS	0,0 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
<2,2mm total	95,3 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
Resíduo total	95,4 %	-----	EBC - 4.22	-----

OBSERVAÇÕES

Dados interpretativos:

Índice de Kolbach: cálculo entre nitrogênio solúvel e nitrogênio na amostra seca.

Diferença de extrato: cálculo entre extrato moagem fina e extrato moagem grossa.

Gravimétrico-método 1: Disposição de uma massa em um volume definido a Velocidade constante.

Gravimétrico-método 2: Distribuição Dimensional por Peneiras

Mebak 2011

EBC, Analytica 2018

MANLAB018 Manual do Laboratório de Malte

Guarapuava, 16 de outubro de 2025

JOSE ACIR DA LUZ
ANALISTA DE LABORATÓRIO

ANEXO C

Laudo do malte caramelo 1 emitido pela Agrária Malte.



Cooperativa Agrária Agroindustrial

RELATÓRIO DE ENSAIOS
Nº de série: 60642/25

DADOS DA AMOSTRA FORNECIDA PELO CLIENTE	
Lote de controle	150000291804
Amostra física	800076650
Data de criação da amostra	14/10/2025
Tipo de amostra	Tipo de amostra indefenido
Batch	
Produto	AMOSTMALTE - AMOSTRA MALTE
Cliente	0330 - Cervejaria Experimental
Endereço	Av Paraná 211 - Col. Vitória/Guarapuava - PR - 85139-400

PERÍODO DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: 17/10/2025 a 17/10/2025

VERSÃO: 1

A amostragem do material e identificação é de total responsabilidade do cliente. Os resultados são restritos ao material recebido no laboratório. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

Característica de controle	Resultado / Unidade	Procedimento	Método	Incerteza medição
UMIDADE DO MALTE	4,1 %	-----	MANLAB018 Item 3	-----
COR DO MOSTO	15,3 EBC ^(*)	-----	A-EBC - 4.7.1	-----
COR DO MOSTO ASBC	7,8 ASBC ^(*)	-----		0,2474
COR DO MOSTO APÓS FERVURA	17,6 EBC ^(*)	-----	A-EBC - 4.19	-----
PROTEÍNA MALTE	7,9 %	-----	EBC - 4.3.2	-----
NITROGÊNIO TOTAL	1,261 %	-----	EBC - 4.3.2	-----
PROTEÍNA SOLÚVEL	1,4 %	-----		-----
PODER DIASTÁSICO	-201 WK ^(*)	-----	EBC - 4.12	-----
PODER DIASTÁTICO ASBC	-53 ASBC ^(*)	-----		1,7563
FAN I.A mg/100g	13 mg/100g	-----	A-EBC - 8.10	-----
FAN mg/l	33 mg/l	-----	EBC-8.10	-----
NITROGÊNIO SOLÚVEL POR ESPECTRO mg/100g	224 mg/100g ^(*)	-----	A-EBC - 4.9.2	-----
NITROGÊNIO SOLÚVEL POR ESPECTRO mg/L	228 mg/l	-----	A-EBC - 4.9.2	-----
ALFA - AMILASE	8,7 DU	-----	MANLAB018 Item 3	-----
B-GLUCANOS	36,0 mg/l	-----	EBC-4.16.3	-----
FRIABILIDADE DO MALTE	54,9 % ^(*)	-----	EBC - 4.15	-----
FRIABILIDADE CORRIGIDA	53,7 %	-----	A-EBC - 4.15	-----
VISCOSIDADE DO MOSTO	1,094 mPa.s ^(*)	-----	EBC-8.4	-----
EXT.FAR. FINA E FAR.GROSSA				
EXTRATO MOAGEM FINA I.A.	14,1 % ^(*)	-----	A-EBC - 4.5.1	-----
EXTRATO MOAGEM FINA C.R.	13,5 % ^(*)	-----	EBC - 4.5.1	-----
EXTRATO MOAGEM GROSSA I.A.	13,4 % ^(*)	-----	EBC - 4.5.1	-----
EXTRATO MOAGEM GROSSA C.R.	12,8 % ^(*)	-----	A-EBC - 4.5.1	-----
DADOS INTERPRETATIVOS				
DIFERENÇA DE EXTRATO	0,7 %	-----	A-EBC-4.5.1	-----
ÍNDICE DE KOLBACH	18 %	-----	A-EBC 4.9.2	-----
CLASSIFICAÇÃO DE MALTE				
PENEIRAS I + II (%>2,5 MM)	5,7 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
2,8 MM	0,1 %	-----	EBC - 4.22	-----
2,5 MM	5,6 %	-----	EBC - 4.22	-----
2,2 MM	0,0 %	-----	EBC - 4.22	-----



**Cooperativa Agrária Agroindustrial
Laboratório Central**

**RELATÓRIO DE ENSAIOS
Nº de série: 60642/25**

SUBSTÂNCIAS ESTRANHAS	0,0 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
< 2,2 MM	94,1 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
PO/PALHA/CASCAS	0,1 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
GRÃOS QUEBRADOS	0,1 %	-----	EBC - 4.22	-----
SEMENTES ESTRANHAS	0,0 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
<2,2mm total	94,3 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
Resíduo total	94,3 %	-----	EBC - 4.22	-----
PRAGAS	Ausência	-----	VISUAL	-----

OBSERVAÇÕES

Dados interpretativos:

Índice de kolbach: cálculo entre nitrogênio solúvel e nitrogênio na amostra seca.

Diferença de extrato: cálculo entre extrato moagem fina e extrato moagem grossa.

Gravimétrico-método 1: Disposição de uma massa em um volume definido a Velocidade constante.

Gravimétrico-método 2: Distribuição Dimensional por Peneiras

Mebak 2011

EBC, Analytica 2018

MANLAB018 Manual do Laboratório de Malte

Guarapuava, 17 de outubro de 2025

JOSE ACIR DA LUZ
ANALISTA DE LABORATÓRIO

ANEXO D

Laudo do malte caramelo 2 emitido pela Agrária Malte.



Cooperativa Agrária Agroindustrial

RELATÓRIO DE ENSAIOS
Nº de série: 60644/25

DADOS DA AMOSTRA FORNECIDA PELO CLIENTE	
Lote de controle	150000291805
Amostra física	800076651
Data de criação da amostra	14/10/2025
Tipo de amostra	Tipo de amostra indefenido
Batch	
Produto	AMOSTMALTE - AMOSTRA MALTE
Cliente	0330 - Cervejaria Experimental
Endereço	Av Paraná 211 - Col. Vitória/Guarapuava - PR - 85139-400

PERÍODO DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: 16/10/2025 a 17/10/2025

VERSÃO: 1

A amostragem do material e identificação é de total responsabilidade do cliente. Os resultados são restritos ao material recebido no laboratório. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

Característica de controle	Resultado / Unidade	Procedimento	Método	Incerteza medição
UMIDADE DO MALTE	2,4 %	-----	MANLAB018 Item 3	-----
COR DO MOSTO	43,3 EBC ^(*)	-----	A-EBC - 4.7.1	-----
COR DO MOSTO ASBC	22,0 ASBC ^(*)	-----		0,2474
COR DO MOSTO APÓS FERVURA	48,0 EBC ^(*)	-----	A-EBC - 4.19	-----
PROTEÍNA MALTE	7,9 %	-----	EBC - 4.3.2	-----
NITROGÊNIO TOTAL	1,267 %	-----	EBC - 4.3.2	-----
PROTEÍNA SOLÚVEL	1,7 %	-----		-----
PODER DIASTÁSICO	10 WK	-----	EBC - 4.12	-----
PODER DIASTÁSICO ASBC	8 ASBC ^(*)	-----		1,7563
FAN I.A mg/100g	-5 mg/100g ^(*)	-----	A-EBC - 8.10	-----
FAN mg/L	12 mg/l	-----	EBC-8.10	-----
NITROGÊNIO SOLÚVEL POR ESPECTRO mg/100g	264 mg/100g ^(*)	-----	A-EBC - 4.9.2	-----
NITROGÊNIO SOLÚVEL POR ESPECTRO mg/L	260 mg/l	-----	A-EBC - 4.9.2	-----
ALFA - AMILASE	7,7 DU	-----	MANLAB018 Item 3	-----
B-GLUCANOS	66,0 mg/l	-----	EBC-4.16.3	-----
FRIABILIDADE DO MALTE	53,5 % ^(*)	-----	EBC - 4.15	-----
FRIABILIDADE CORRIGIDA	46,9 %	-----	A-EBC - 4.15	-----
VISCOSIDADE DO MOSTO	1,073 mPa.s ^(*)	-----	EBC-8.4	-----
EXT.FAR. FINA E FAR.GROSSA				
EXTRATO MOAGEM FINA I.A.	11,1 % ^(*)	-----	A-EBC - 4.5.1	-----
EXTRATO MOAGEM FINA C.R.	10,8 % ^(*)	-----	EBC - 4.5.1	-----
EXTRATO MOAGEM GROSSA I.A.	10,3 % ^(*)	-----	EBC - 4.5.1	-----
EXTRATO MOAGEM GROSSA C.R.	10,1 % ^(*)	-----	A-EBC - 4.5.1	-----
DADOS INTERPRETATIVOS				
DIFERENÇA DE EXTRATO	0,8 %	-----	A-EBC-4.5.1	-----
ÍNDICE DE KOLBACH	21 %	-----	A-EBC 4.9.2	-----
CLASSIFICAÇÃO DE MALTE				
PENEIRAS I + II (%>2,5 MM)	0,5 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
2,8 MM	0,2 %	-----	EBC - 4.22	-----
2,5 MM	0,3 %	-----	EBC - 4.22	-----
2,2 MM	7,0 %	-----	EBC - 4.22	-----



**Cooperativa Agrária Agroindustrial
Laboratório Central**

**RELATÓRIO DE ENSAIOS
Nº de série: 60644/25**

SUBSTÂNCIAS ESTRANHAS	0,0 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
< 2.2 MM	92,1 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
PO/PALHA/CASCAS	0,3 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
GRÃOS QUEBRADOS	0,1 %	-----	EBC - 4.22	-----
SEMENTES ESTRANHAS	0,0 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
<2.2mm total	92,5 %	-----	A-EBC - 4.22	-----
Resíduo total	92,5 %	-----	EBC - 4.22	-----
PRAGAS	Ausência	-----	VISUAL	-----

OBSERVAÇÕES

Dados interpretativos:

Índice de kolbach: cálculo entre nitrogênio solúvel e nitrogênio na amostra seca.

Diferença de extrato: cálculo entre extrato moagem fina e extrato moagem grossa.

Gravimétrico-método 1: Disposição de uma massa em um volume definido a Velocidade constante.

Gravimétrico-método 2: Distribuição Dimensional por Peneiras

Mebak 2011

EBC, Analytica 2018

MANLAB018 Manual do Laboratório de Malte

Guarapuava, 17 de outubro de 2025

JOSE ACIR DA LUZ
ANALISTA DE LABORATÓRIO

ANEXO E

Cromatograma da formulação 1.

30/01/2026

1 / 4



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
LABORATÓRIO DE PPGCTA



MÉTODO

Method

[Comment]

==== Analytical Line 1 =====

Column Oven Temp.	:40.0 °C	
Injection Temp.	:250.00 °C	
Injection Mode	:Split	
Flow Control Mode	:Linear Velocity	
Pressure	:45.1 kPa	
Total Flow	:13.4 mL/min	
Column Flow	:0.94 mL/min	
Linear Velocity	:35.0 cm/sec	
Purge Flow	:3.0 mL/min	
Split Ratio	:10.0	
High Pressure Injection	:OFF	
Carrier Gas Saver	:OFF	
Splitter Hold	:OFF	
Oven Temp. Program		
Rate	Temperature(°C)	Hold Time(min)
-	40.0	5.00
5.00	150.0	5.00
10.00	230.0	20.00

Oven Cooling Rate :Middle

< Ready Check Heat Unit >

Column Oven	:Yes
SPL-MS	:Yes
MS	:Yes

< Ready Check Detector(FID/BID) >

< Ready Check Baseline Drift >

< Ready Check Injection Flow >

SPL-MS Carrier	:Yes
SPL-MS Purge	:Yes

< Ready Check APC Flow >

< Ready Check Detector APC Flow >

External Wait :No

Equilibrium Time :3.0 min

Auto-flame On :OFF

Auto-flame Off :ON

Reignite :OFF

Auto-zero after Ready :ON

PrepRun Start :Auto

[GC Program]

[GCMS-QP2020 NX]

IonSourceTemp	:250.00 °C
Interface Temp.	:250.00 °C
Solvent Cut Time	:0.00 min
Detector Gain Mode	:Relative to the Tuning Result
Detector Gain	:0.89 kV +/-0.00 kV
Threshold	:0

[MS Table]

-Group 1 - Event 1-

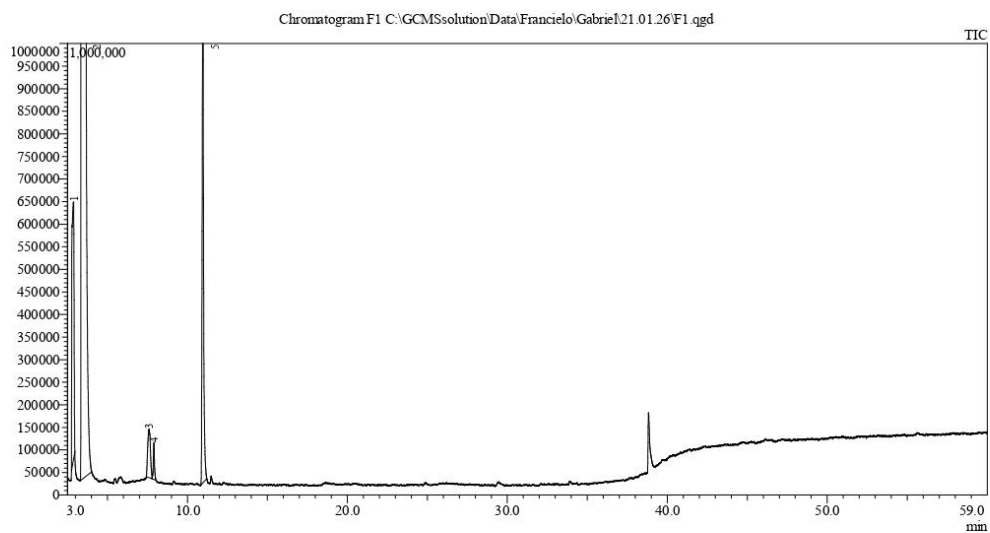
Start Time	:2.50min
End Time	:60.00min
ACQ Mode	:Scan
Event Time	:0.30sec
Scan Speed	:1250
Start m/z	:40.00
End m/z	:400.00

Sample Inlet Unit :GC

[MS Program]

Use MS Program :OFF

CROMATOGRAMA



30/01/2026

3 / 4

TABELA DOS PICOS

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Peak Report TIC		Name
					Height%	Similarity CAS#	
1	2.880	5318398	2.84	569343	4.17	0 0-0-0	
2	3.573	173437089	92.51	11604258	85.08	97 64-17-5	Ethanol
3	7.610	1273641	0.68	107114	0.79	98 78-83-1	1-Propanol, 2-methyl-
4	7.903	423311	0.23	81033	0.59	97 123-92-2	1-Butanol, 3-methyl-, acetate
5	10.962	7020794	3.74	1277913	9.37	98 123-51-3	1-Butanol, 3-methyl-
		187473233	100.00	13639661	100.00		

ESPECTRO

Spectrum

ANEXO F

Cromatograma da formulação 2.

30/01/2026

1 / 6



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
LABORATÓRIO DE PPGCTA



MÉTODO

Method

[Comment]

==== Analytical Line 1 =====

Column Oven Temp :40.0 °C
 Injection Temp :250.00 °C
 Injection Mode :Split
 Flow Control Mode :Linear Velocity
 Pressure :45.1 kPa
 Total Flow :13.4 mL/min
 Column Flow :0.94 mL/min
 Linear Velocity :35.0 cm/sec
 Purge Flow :3.0 mL/min
 Split Ratio :10.0
 High Pressure Injection :OFF
 Carrier Gas Saver :OFF
 Splitter Hold :OFF
 Oven Temp Program

Rate	Temperature(°C)	Hold Time(min)
-	40.0	5.00
5.00	150.0	5.00
10.00	230.0	20.00

Oven Cooling Rate :Middle
 < Ready Check Heat Unit >
 Column Oven :Yes
 SPL-MS :Yes
 MS :Yes
 < Ready Check Detector(FID/BID) >
 < Ready Check Baseline Drift >
 < Ready Check Injection Flow >
 SPL-MS Carrier :Yes
 SPL-MS Purge :Yes
 < Ready Check APC Flow >
 < Ready Check Detector APC Flow >
 External Wait :No
 Equilibrium Time :3.0 min
 Auto-flame On :OFF
 Auto-flame Off :ON
 Reignite :OFF
 Auto-zero after Ready :ON
 PrepRun Start :Auto

[GC Program]

[GCMS-QP2020 NX]
 IonSourceTemp :250.00 °C
 Interface Temp :250.00 °C
 Solvent Cut Time :0.00 min
 Detector Gain Mode :Relative to the Tuning Result
 Detector Gain :0.89 kV+0.00 kV
 Threshold :0

[MS Table]
 -Group 1 - Event 1-
 Start Time :2.50min
 End Time :60.00min
 ACQ Mode :Scan
 Event Time :0.30sec
 Scan Speed :1250
 Start m/z :40.00
 End m/z :400.00

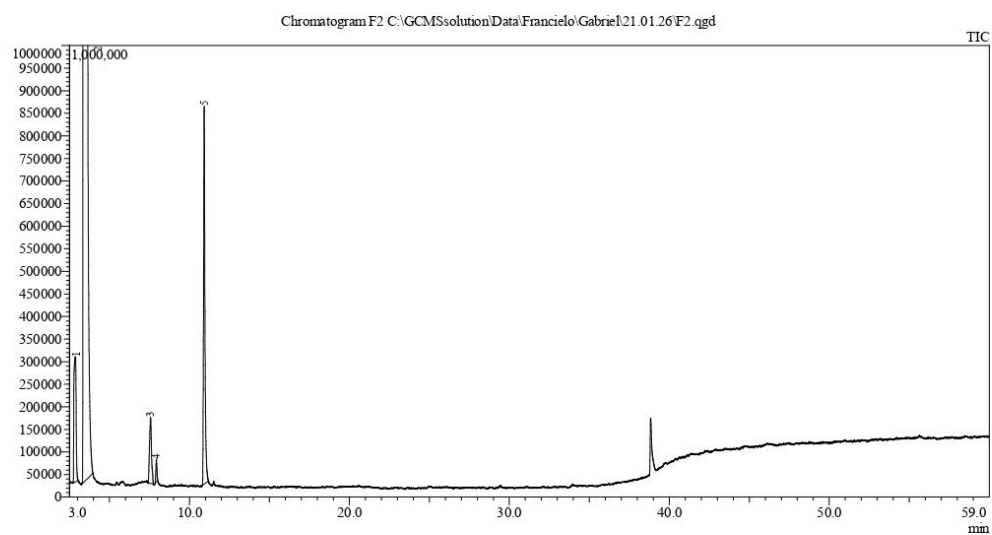
Sample Inlet Unit :GC

[MS Program]
 Use MS Program :OFF

30/01/2026

2 / 6

CROMATOGRAMA



30/01/2026

3 / 6

TABELA DOS PICOS

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Peak Report TIC		CAS#	Name
					Height%	Similarity		
1	2.859	2662181	1.67	277244	2.32	98	141-78-6	Ethyl Acetate
2	3.501	150289533	94.35	10629382	89.03	97	64-17-5	Ethanol
3	7.573	1247196	0.78	146628	1.23	98	78-83-1	1-Propanol, 2-methyl-
4	7.934	231665	0.15	48937	0.41	97	123-92-2	1-Butanol, 3-methyl-, acetate
5	10.925	4853731	3.05	836682	7.01	98	123-51-3	1-Butanol, 3-methyl-
		159284306	100.00	11938873	100.00			

ESPECTRO

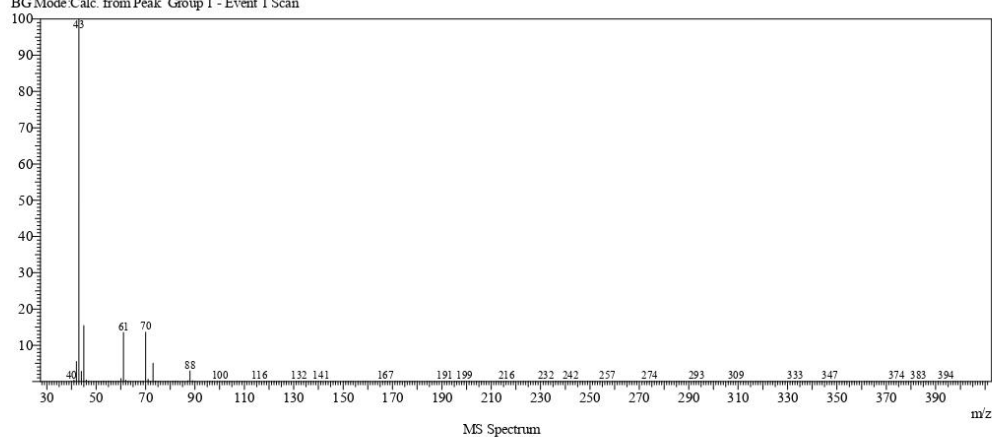
Spectrum

Line#:1 R.Time:2.860(Scan#:73)

MassPeaks:262

RawMode:Averaged 2.855-2.865(72-74) BasePeak:43(168695)

BGMode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



30/01/2026

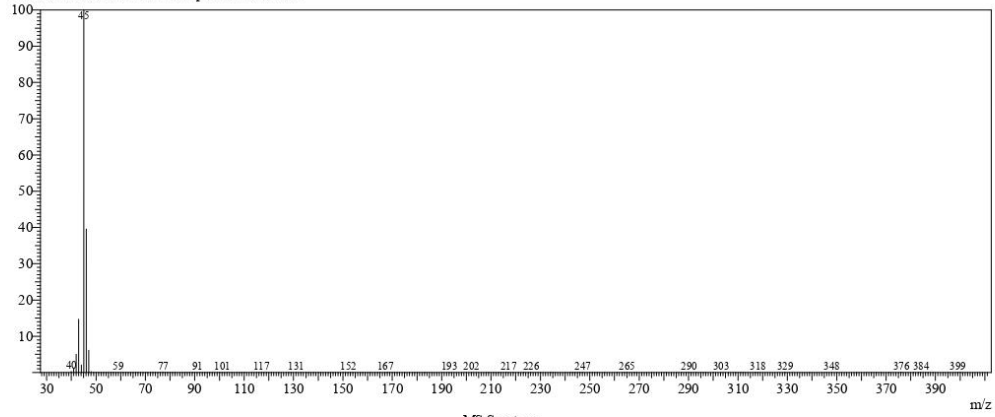
4 / 6

Line# 2 R. Time: 3.500(Scan#: 201)

MassPeaks: 187

RawMode: Averaged 3.495-3.505(200-202) BasePeak: 45(6268947)

BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan

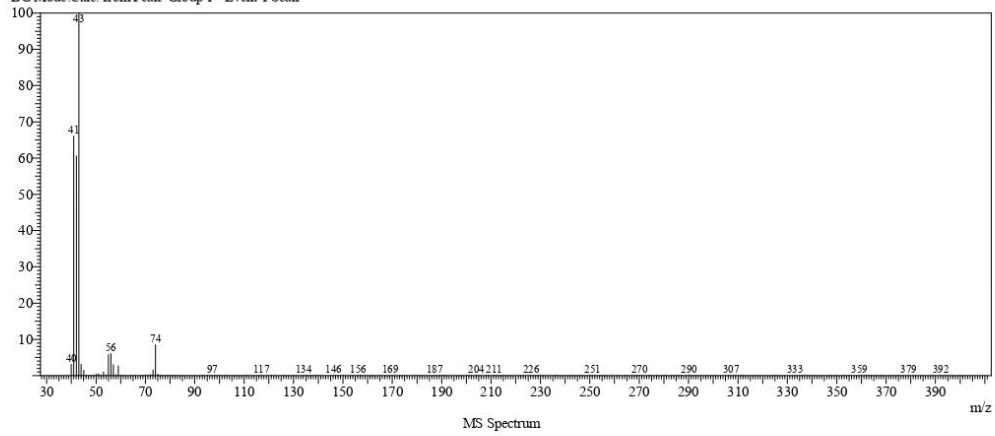


Line# 3 R. Time: 7.570(Scan#: 1015)

MassPeaks: 227

RawMode: Averaged 7.565-7.575(1014-1016) BasePeak: 43(54372)

BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



30/01/2026

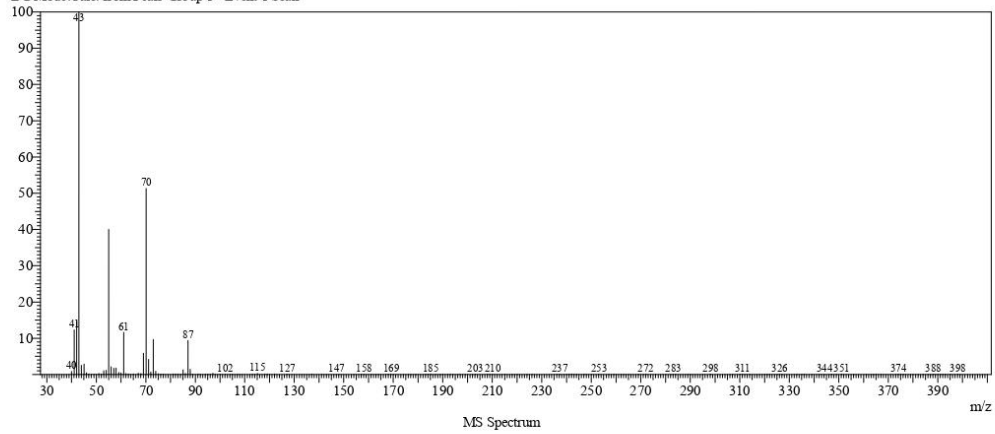
5 / 6

Line# 4 R Time: 7.935(Scan#: 1088)

MassPeaks: 184

RawMode: Averaged 7.930-7.940(1087-1089) BasePeak: 43(17333)

BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan

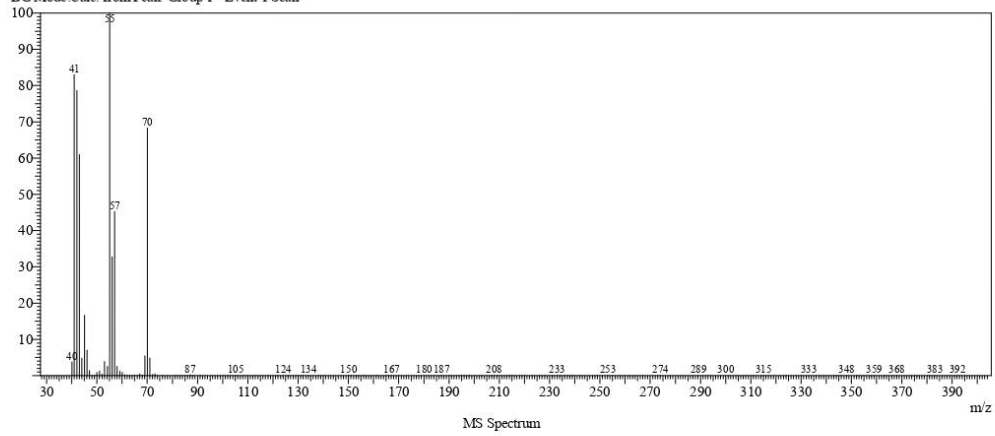


Line# 5 R Time: 10.925(Scan#: 1686)

MassPeaks: 161

RawMode: Averaged 10.920-10.930(1685-1687) BasePeak: 55(156741)

BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



ANEXO G

Cromatograma da formulação 3.

30/01/2026

1 / 7



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
LABORATÓRIO DE PPGCTA



MÉTODO

Method

[Comment]

===== Analytical Line 1 =====

Column Oven Temp. :40.0 °C
 Injection Temp. :250.00 °C
 Injection Mode :Split
 Flow Control Mode :Linear Velocity
 Pressure :45.1 kPa
 Total Flow :13.4 mL/min
 Column Flow :0.94 mL/min
 Linear Velocity :35.0 cm/sec
 Purge Flow :3.0 mL/min
 Split Ratio :10.0
 High Pressure Injection :OFF
 Carrier Gas Saver :OFF
 Splitter Hold :OFF
 Oven Temp. Program

Rate	Temperature(°C)	Hold Time(min)
-	40.0	5.00
5.00	150.0	5.00
10.00	230.0	20.00

 Oven Cooling Rate :Middle
 < Ready Check Heat Unit >
 Column Oven :Yes
 SPL-MS :Yes
 MS :Yes
 < Ready Check Detector(FTD/BID) >
 < Ready Check Baseline Drift >
 < Ready Check Injection Flow >
 SPL-MS Carrier :Yes
 SPL-MS Purge :Yes
 < Ready Check APC Flow >
 < Ready Check Detector APC Flow >
 External Wait :No
 Equilibrum Time :3.0 min
 Auto-flame On :OFF
 Auto-flame Off :ON
 Reignite :OFF
 Auto-zero after Ready :ON
 PrepRun Start :Auto

[GC Program]

[GCMS-QP2020 NX]
 IonSourceTemp :250.00 °C
 Interface Temp. :250.00 °C
 Solvent Cut Time :0.00 min
 Detector Gain Mode :Relative to the Tuning Result
 Detector Gain :0.89 kV +0.00 kV
 Threshold :0

[MS Table]

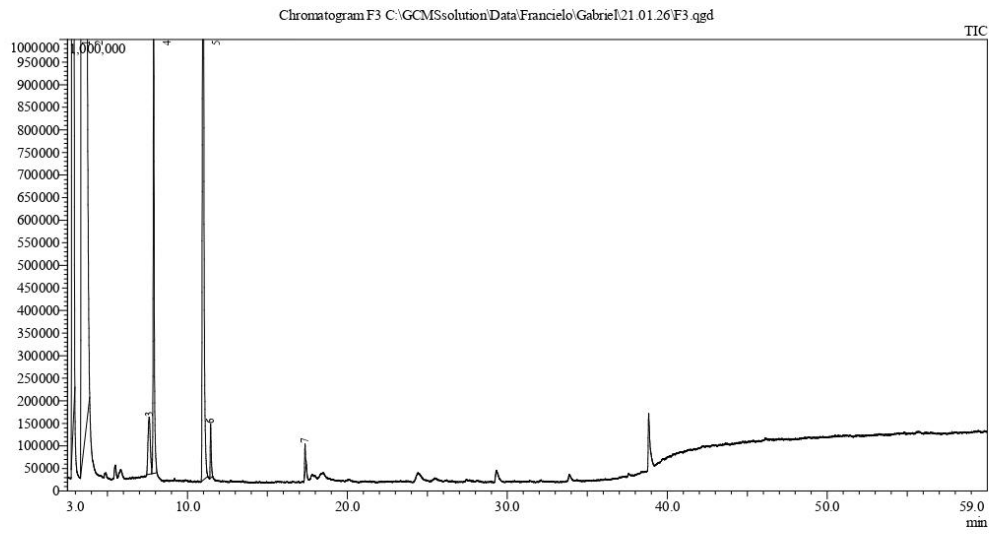
-Group 1 - Event 1-
 Start Time :2.50min
 End Time :60.00min
 ACQ Mode :Scan
 Event Time :0.30sec
 Scan Speed :1250
 Start m/z :40.00
 End m/z :400.00

Sample Inlet Unit :GC

[MS Program]

Use MS Program :OFF

CROMATOGRAMA



30/01/2026

3 / 7

TABELA DOS PICOS

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Peak Report TIC		CAS#	Name
					Height%	Similarity		
1	2.880	18521504	5.93	1857333	9.35	98	141-78-6	Ethyl Acetate
2	3.698	273386947	87.60	14051159	70.75	97	64-17-5	Ethanol
3	7.618	1247980	0.40	126631	0.64	98	78-83-1	1-Propanol, 2-methyl-
4	7.891	4651095	1.49	995118	5.01	97	123-92-2	1-Butanol, 3-methyl-, acetate
5	10.988	13529632	4.34	2645803	13.32	97	123-51-3	1-Butanol, 3-methyl-
6	11.454	502023	0.16	118997	0.60	97	123-66-0	Hexanoic acid, ethyl ester
7	17.354	243905	0.08	64431	0.32	95	106-32-1	Octanoic acid, ethyl ester
		312083086	100.00	19859472	100.00			

ESPECTRO

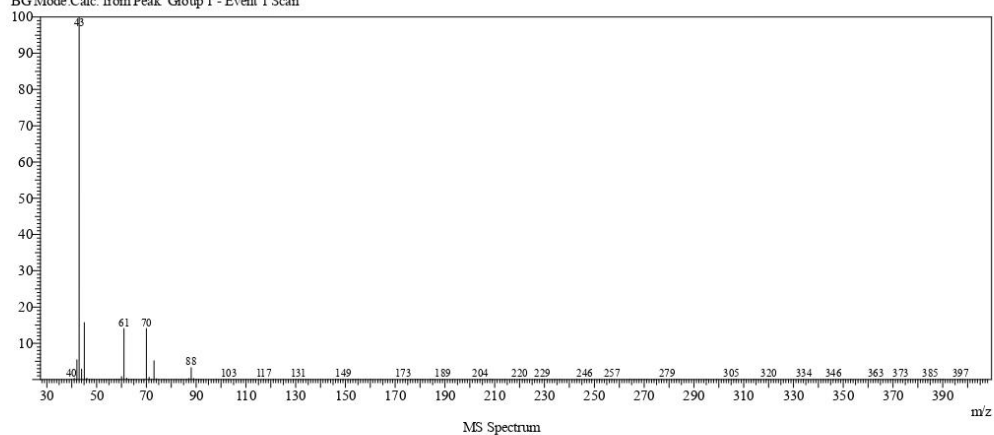
Spectrum

Line#:1 R.Time:2.880(Scan#:77)

MassPeaks:149

RawMode:Averaged 2.875-2.885(76-78) BasePeak:43(1130390)

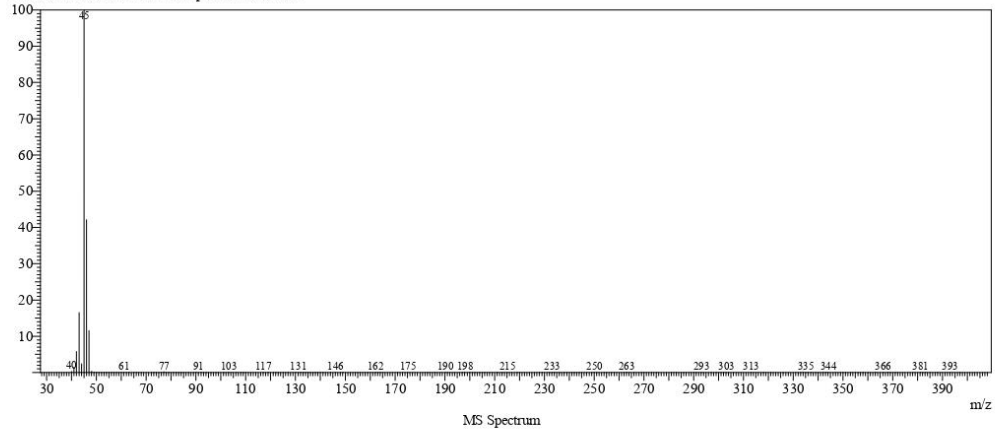
BGMode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



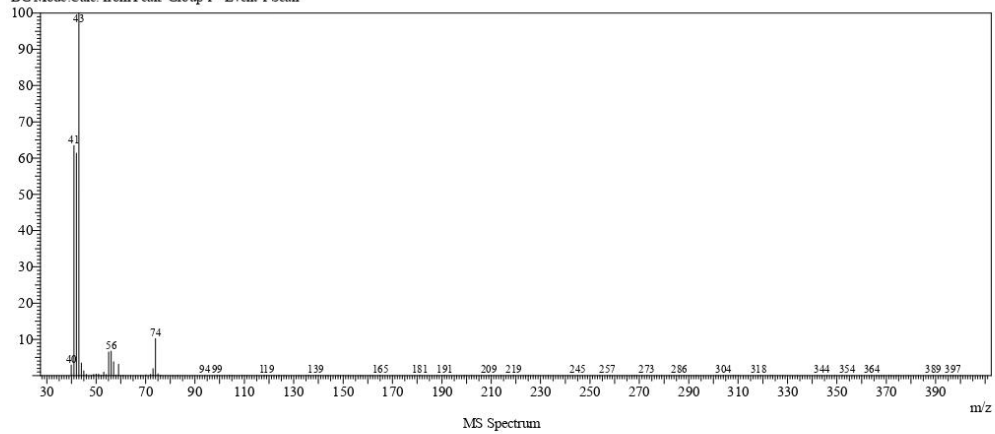
30/01/2026

4 / 7

Line# 2 R. Time: 3.700(Scan#: 241)
MassPeaks: 184
RawMode: Averaged 3.695-3.705(240-242) BasePeak: 45(7735559)
BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



Line# 3 R. Time: 7.620(Scan#: 1025)
MassPeaks: 133
RawMode: Averaged 7.615-7.625(1024-1026) BasePeak: 43(44098)
BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



30/01/2026

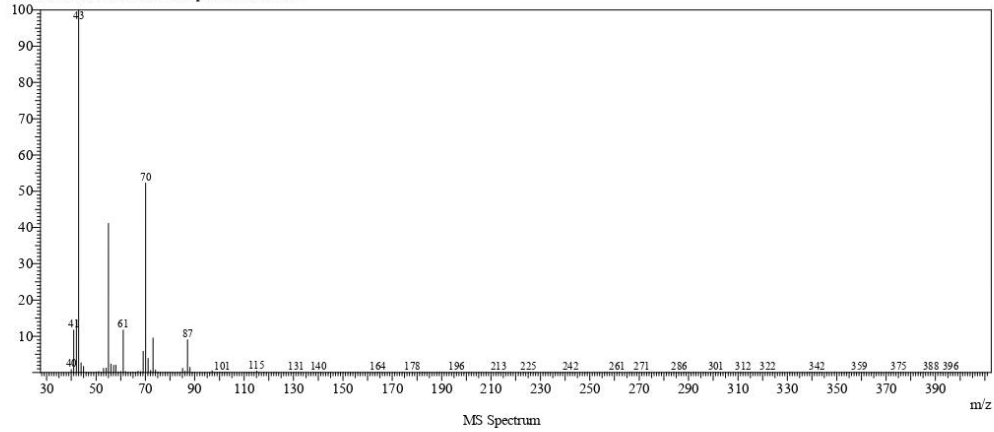
5 / 7

Line# 4 R.Time:7.890(Scan#:1079)

MassPeaks:230

RawMode:Averaged 7.885-7.895(1078-1080) BasePeak:43(345665)

BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan

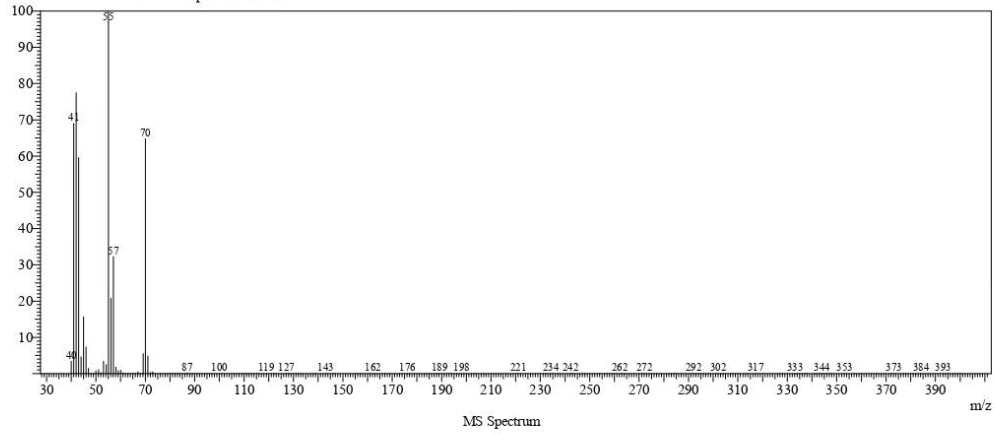


Line# 5 R.Time:10.990(Scan#:1699)

MassPeaks:207

RawMode:Averaged 10.985-10.995(1698-1700) BasePeak:55(544082)

BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



30/01/2026

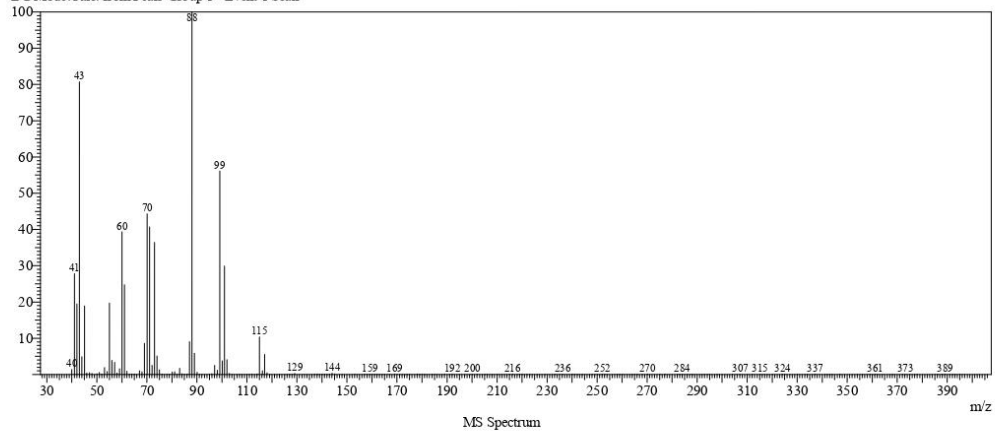
6 / 7

Line# 6 R.Time:11.455(Scan#:1792)

MassPeaks:214

RawMode:Averaged 11.450-11.460(1791-1793) BasePeak:88(18671)

BGMode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan

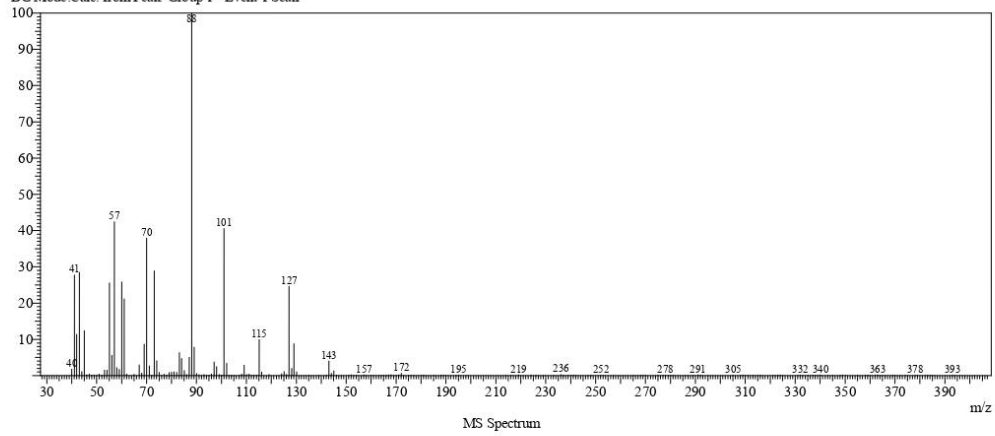


Line# 7 R.Time:17.355(Scan#:2972)

MassPeaks:206

RawMode:Averaged 17.350-17.360(2971-2973) BasePeak:88(11642)

BGMode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



ANEXO H

Cromatograma da formulação 4.

30/01/2026

1 / 6



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
LABORATÓRIO DE PPGCTA



MÉTODO

Method

[Comment]

==== Analytical Line 1 =====

Column Oven Temp. :40.0 °C
 Injection Temp. :250.00 °C
 Injection Mode :Split
 Flow Control Mode :Linear Velocity
 Pressure :45.1 kPa
 Total Flow :13.4 mL/min
 Column Flow :0.94 mL/min
 Linear Velocity :35.0 cm/sec
 Purge Flow :3.0 mL/min
 Split Ratio :10.0
 High Pressure Injection :OFF
 Carrier Gas Saver :OFF
 Splitter Hold :OFF
 Oven Temp. Program

Rate	Temperature(°C)	Hold Time(min)
-	40.0	5.00
5.00	150.0	5.00
10.00	230.0	20.00

Oven Cooling Rate :Middle

< Ready Check Heat Unit >

Column Oven :Yes
 SPL-MS :Yes
 MS :Yes

< Ready Check Detector (FTD/BID) >

< Ready Check Baseline Drift >

< Ready Check Injection Flow >

SPL-MS Carrier :Yes
 SPL-MS Purge :Yes

< Ready Check APC Flow >

< Ready Check Detector APC Flow >

External Waz :No
 Equilibrium Time :3.0 min
 Auto-flame On :OFF
 Auto-flame Off :ON
 Reignite :OFF
 Auto-zero after Ready :ON
 PrepRun Start :Auto

[GC Program]

[GCMS-QP2020 NX]
 IonSourceTemp :250.00 °C
 Interface Temp. :250.00 °C
 Solvent Cut Time :0.00 min
 Detector Gain Mode :Relative to the Tuning Result
 Detector Gain :0.89 eV/+0.00 eV
 Threshold :0

[MS Table]

-Group 1 - Event 1-

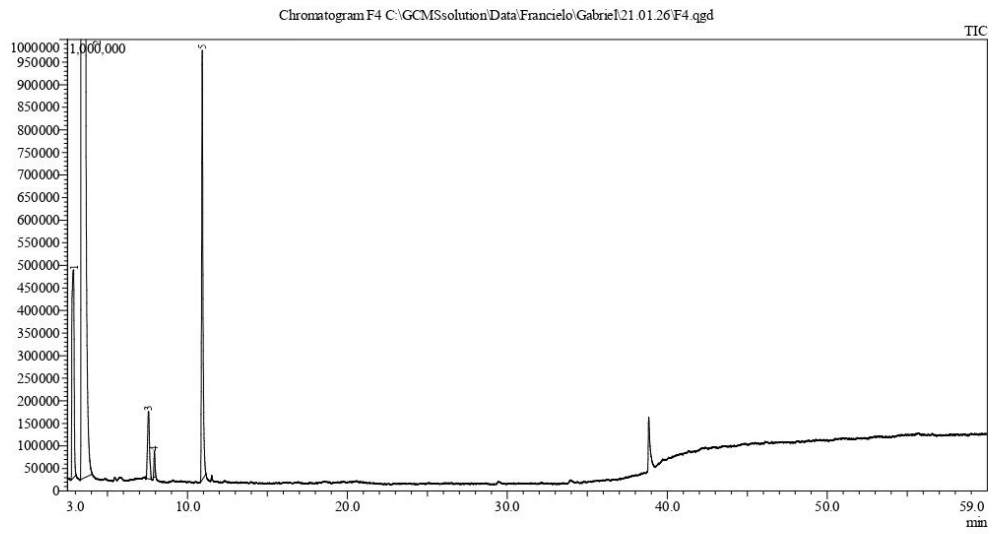
Start Time :2.50min
 End Time :60.00min
 ACQ Mode :Scan
 Event Time :0.30sec
 Scan Speed :1250
 Start m/z :40.00
 End m/z :400.00

Sample Inlet Unit :GC

[MS Program]

Use MS Program :OFF

CROMATOGRAMA



30/01/2026

3 / 6

TABELA DOS PICOS

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Peak Report TIC		CAS#	Name
					Height%	Similarity		
1	2.873	4406031	2.74	460330	3.78	98	141-78-6	Ethyl Acetate
2	3.558	149187177	92.91	10558373	86.71	97	64-17-5	Ethanol
3	7.572	1271356	0.79	149229	1.23	98	78-83-1	1-Propanol, 2-methyl-
4	7.938	276143	0.17	57219	0.47	97	123-92-2	1-Butanol, 3-methyl-, acetate
5	10.929	5427481	3.38	951373	7.81	98	123-51-3	1-Butanol, 3-methyl-
		160568188	100.00	12176524	100.00			

ESPECTRO

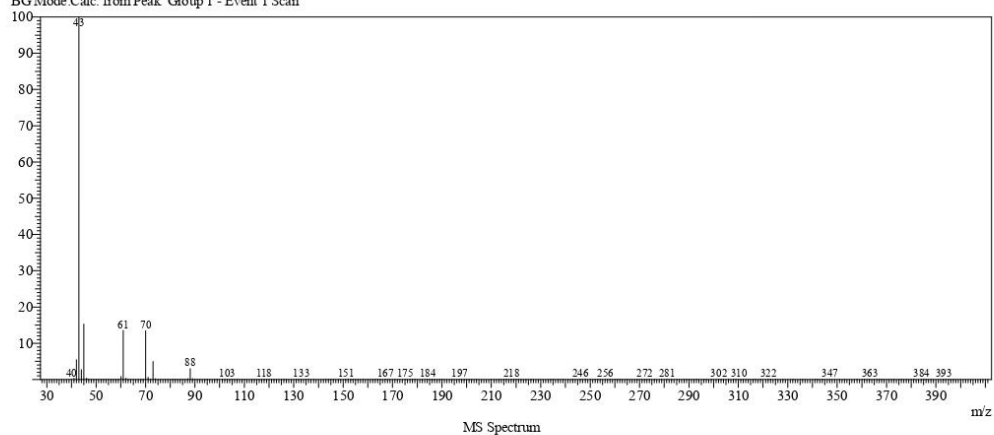
Spectrum

Line#:1 R.Time:2.875(Scan#:76)

MassPeaks:223

RawMode:Averaged 2.870-2.880(75-77) BasePeak:43(283226)

BGMode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



30/01/2026

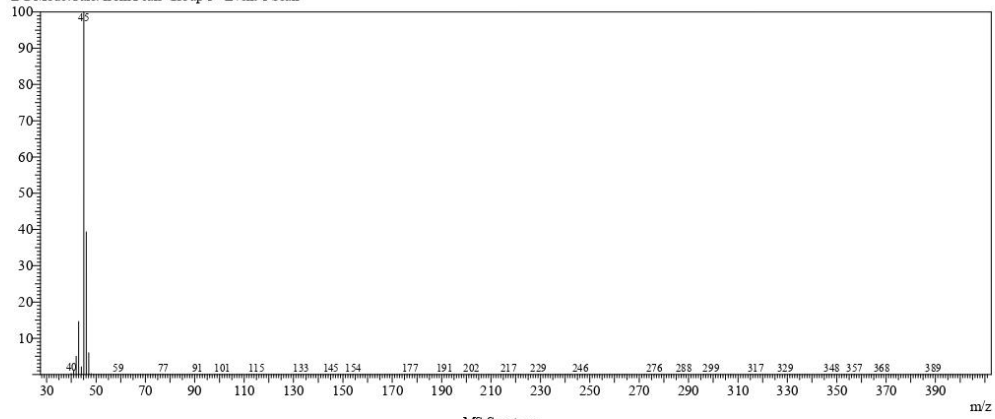
4 / 6

Line# 2 R Time: 3.560(Scan#: 213)

MassPeaks: 240

RawMode: Averaged 3.555-3.565(212-214) BasePeak: 45(6240274)

BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan

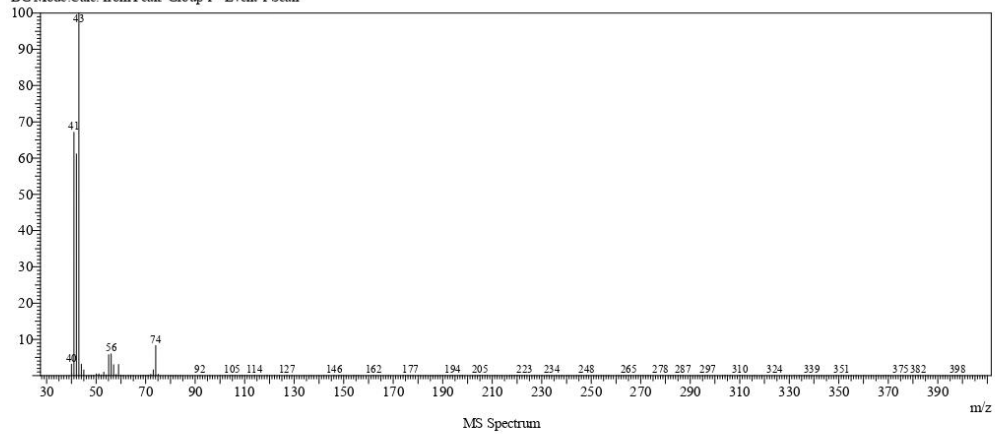


Line# 3 R Time: 7.570(Scan#: 1015)

MassPeaks: 213

RawMode: Averaged 7.565-7.575(1014-1016) BasePeak: 43(55372)

BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan

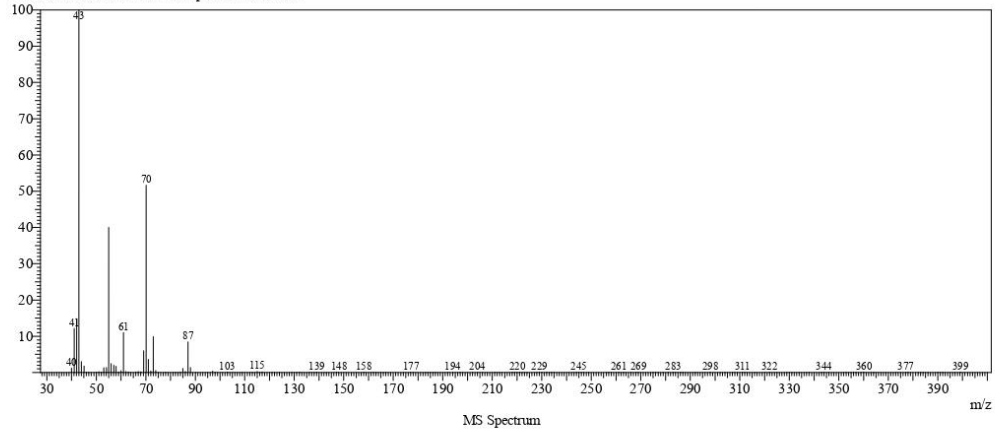


Line# 4 R Time:7.940(Scan#:1089)

MassPeaks:165

RawMode:Averaged 7.935-7.945(1088-1090) BasePeak:43(20584)

BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan

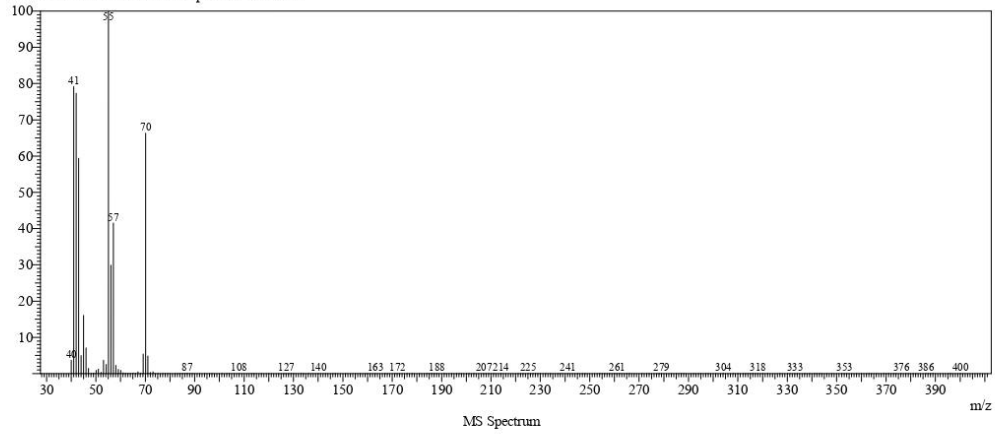


Line# 5 R Time:10.930(Scan#:1687)

MassPeaks:199

RawMode:Averaged 10.925-10.935(1686-1688) BasePeak:55(184316)

BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Scan



ANEXO I

Resultado da Análise Microbiológica realizada pelo CPA-UFG – Formulação 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIAS
ESCOLA DE VETERINARIA E ZOOTECNIA
CENTRO DE PESQUISA EM ALIMENTOS

Página 1 de 1

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº do Relatório: 202525137

Recepção da Amostra: 17/11/2025

Temperatura de Recebimento: 12,5 °C

Solicitante: GABRIEL SOLINO COELHO

Endereço: Rua 235, nº85, Setor Leste Universitário, Goiânia

Produto: Bebidas alcoólicas não destiladas Cerveja

Complemento: CERVEJA FORMULAÇÃO 1 - CERVEJA DE ARROZ - VALIDADE: 05/12/25 - PESO/UNIDADE: 300ML - HORA DO RECEBIMENTO: 10:00 - CONDIÇÃO DA AMOSTRA: RESFRIADA - Lote: NA - Lacre: NA

Data de Fabricação: 05/10/2025

Telefone de contato: (62) 982942285

Data de Coleta: 29/10/2025

Responsável pela Coleta/CPF: GABRIEL SOLINO COELHO - CPF:028.612.931-01

Recepção no Laboratório: 17/11/2025

Início da Análise: 17/11/2025

Fim da Análise: 18/11/2025

ENSAIO	VALOR DE REFERÊNCIA	VALOR ENCONTRADO	MÉTODO	LEGISLAÇÃO
Contagem de Coliformes Totais	SEM PADRÃO	<1,0x10 ⁶ UFC/mL est.	AOAC OMA 991.14. 22th ed, 2023.	NÃO SE APLICA.

Observações:

- Correção do cadastro "Acompanhamento - Gera cobrança" para "Acompanhamento - Sem cobrança".

*Goiânia, 24 de Novembro de 2025.

Digitally signed by MAGNO CANDIDO DA SILVA
JUNIOR:93710976120

Date: 2025.11.24 15:20:52 BRT

Magno Cândido da Silva Júnior

CRBio 04/GO/87374/04-D

Responsável Técnico

(*) Data de emissão/entrega do presente relatório ao solicitante.

Notas:

Nota 1: Fica vedada da publicação do presente Relatório de Ensaio, para garantia do controle de qualidade de produção, sobre o qual o Centro de Pesquisa em Alimentos, não exerceu qualquer controle.

Nota 2: O laboratório não se responsabiliza pela coleta da amostra. Os resultados se aplicam à(s) amostra(s) conforme recebida(s).

Nota 3: A reprodução de partes do presente Relatório de Ensaio requer autorização do laboratório por escrito.

Nota 4: Informações não relatadas podem ser disponibilizadas aos clientes quando solicitadas.

Nota 5: Os ensaios descritos no presente relatório foram realizados nas instalações permanentes do laboratório - (LMA-CPA).

Nota 6: Informações fornecidas pelo cliente: Solicitante; Endereço; Produto; Complemento; Lote; Lacre; Data de fabricação; Data de coleta; Telefone de contato e Responsável pela coleta.

Nota 7: Se o item for ensaiado admitindo-se desvios das condições específicas, logo, o(s) resultado(s) correspondente(s) a este item pode(m) ter alteração compatível ao desvio.

Identificação	Emissão	Revisão	Arquivo	Armazenamento	Indexação	Coleta	Acesso	Retenção	Disposição
FOR 128/04.IT/LMA/241	16/11/2015	16/12/2024	SG-CPA	Eletrônico	Número do relatório	RT/RTS	Restrito	Por no mínimo 10 anos	Eliminar

Local de realização dos ensaios: Rodovia GO 462 KM 0 - Saida para Nova Veneza Campus Samambaia - UFG Goiânia Goiás CEP 74690-900 Fone: (62) 3521 1577 / 3521 1620 Site: <https://cpa.evz.ufg.br> e-mail: atendimento.lma@abcpa.com.brVerifique a autenticidade deste Relatório de Ensaio em <https://cpa.evz.ufg.br/https://validacaolabcpacombrcpalaudo>

ANEXO J

Resultado da Análise Microbiológica realizada pelo CPA-UFG – Formulação 2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINARIA E ZOOTECNIA
CENTRO DE PESQUISA EM ALIMENTOS

Página 1 de 1

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº do Relatório: 202525138

Recepção da Amostra: 17/11/2025

Temperatura de Recebimento: 11,8 °C

Solicitante: GABRIEL SOLINO COELHO

Endereço: Rua 235, nº85, Setor Leste Universitário, Goiânia

Produto: Bebidas alcoólicas não destiladas Cerveja

Complemento: CERVEJA FORMULAÇÃO 2 - CERVEJA DE ARROZ - VALIDADE: 05/12/25 - PESO/UNIDADE: 300ML - HORA DO RECEBIMENTO: 10:00 - CONDIÇÃO DA AMOSTRA: RESFRIADA. - Lote: NA - Lacre: NA

Data de Fabricação: 05/10/2025

Telefone de contato: (62) 982942285

Data de Coleta: 29/10/2025

Responsável pela Coleta/CPF: GABRIEL SOLINO COELHO - CPF:028.612.931-01

Recepção no Laboratório: 17/11/2025

Início da Análise: 17/11/2025

Fim da Análise: 18/11/2025

ENSAIO	VALOR DE REFERÊNCIA	VALOR ENCONTRADO	MÉTODO	LEGISLAÇÃO
Contagem de Coliformes Totais	SEM PADRÃO	<1,0x10 ⁶ UFC/mL est.	AOAC OMA 991.14. 22th ed, 2023.	NÃO SE APLICA.

Observações:

*Goiânia, 24 de Novembro de 2025.

- Correção do cadastro "Acompanhamento - Gera cobrança" para "Acompanhamento - Sem cobrança".

Digitally signed by MAGNO CANDIDO DA SILVA
JUNIOR:93710976120
Date: 2025.11.24 15:18:52 BRT

Magno Cândido da Silva Júnior
CRBio 04/GO/87374/04-D
Responsável Técnico

(*) Data de emissão/entrega do presente relatório ao solicitante.

Notas:

Nota 1: Fica vedada a publicação do presente Relatório de Ensaio, para garantia do controle de qualidade de produção, sobre o qual o Centro de Pesquisa em Alimentos, não exerceu qualquer controle.

Nota 2: O laboratório não se responsabiliza pela coleta da amostra. Os resultados se aplicam(a) as amostra(s) conforme recebida(s).

Nota 3: A reprodução de partes do presente Relatório de Ensaio requer autorização do laboratório por escrito.

Nota 4: Informações não relacionadas podem ser disponibilizadas aos clientes quando solicitadas.

Nota 5: Os ensaios descritos no presente relatório foram realizados nas instalações permanentes do laboratório - (LMA/CPA).

Nota 6: Informações fornecidas pelo cliente: Solicitante; Endereço; Produto; Complemento; Lote; Lacre; Data de fabricação; Data de coleta; Telefone de contato e Responsável pela coleta.

Nota 7: Se o item for ensaiado admitindo-se desvios das condições específicas, logo, o(s) resultado(s); correspondente(s) a este item pode(m) ter alteração compatível ao desvio.

Identificação	Emissão	Revisão	Arquivo	Armazenamento	Indexação	Coleta	Acesso	Retenção	Disposição
FOR 128/04-IT/LMA/241	16/11/2015	16/12/2024	SG-CPA	Etrônico	Número do relatório	RT/RTS	Restrito	Por no mínimo 10 anos	Eliminar

Local de realização dos ensaios: Rodovia GO 462 KM 0 - Saída para Nova Veneza Campus Sambaíba - UFG Goiânia Goiás CEP 74690-900 Fone: (62) 3521 1577 / 3521 1620 Site <https://cpa.evz.ufg.br> e-mail: atendimento.lma@labcpa.com.br
Verifique a autenticidade deste Relatório de Ensaio em <https://cpa.evz.ufg.br/httpsvalidacaolabcpacombrcpalauado>

ANEXO K

Resultado da Análise Microbiológica realizada pelo CPA-UFG – Formulação 3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CENTRO DE PESQUISA EM ALIMENTOS

Página 1 de 1

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº do Relatório: 202524536

Recepção da Amostra: 11/11/2025

Temperatura de Recebimento: 13,2 °C

Solicitante: GABRIEL SOLINO COELHO

Endereço: Rua 235, nº85, Setor Leste Universitário, Goiânia

Produto: Bebidas alcoólicas não destiladas Cerveja

Complemento: CERVEJA FORMULAÇÃO 3 - CERVEJA DE ARROZ - VALIDADE: 05/12/25 - PESO/UNIDADE: 400ML - HORA DO RECEBIMENTO: 08:25 - CONDIÇÃO DA AMOSTRA: RESFRIADA. - Lote: na - Lacre: NA

Data de Fabricação: 05/10/2025

Telefone de contato: (62) 982942285

Data de Coleta: 29/10/2025

Responsável pela Coleta/CPF: GABRIEL SOLINO COELHO - CPF:028.612.931-01

Recepção no Laboratório: 11/11/2025

Início da Análise: 11/11/2025

Fim da Análise: 12/11/2025

ENSAIO	VALOR DE REFERÊNCIA	VALOR ENCONTRADO	MÉTODO	LEGISLAÇÃO
Contagem de Coliformes Totais	SEM PADRÃO	<1,0x10 ⁶ UFC/mL est.	AOAC OMA 991.14. 22th ed, 2023.	NÃO SE APLICA.

*Goiânia, 14 de Novembro de 2025.

Digitally signed by MAGNO CANDIDO DA SILVA
JUNIOR:93710976120
Date: 2025.11.14 11:09:49 BRT

Magno Cândido da Silva Júnior
CRBIO 04/GO/87374/04-D
Responsável Técnico

(*) Data de emissão/entrega do presente relatório ao solicitante.

Notas:

Nota 1: Fica vedada a publicação do presente Relatório de Ensaio, para garantia do controle de qualidade de produção, sobre o qual o Centro de Pesquisa em Alimentos, não exerceu qualquer controle.

Nota 2: O laboratório não se responsabiliza pela coleta da amostra. O(s) resultado(s) se aplica(m) a(s) amostra(s) conforme recebida(s).

Nota 3: A reprodução de partes do presente Relatório de Ensaio requer autorização do laboratório por escrito.

Nota 4: Informações não relatadas podem ser disponibilizadas aos clientes quando solicitadas.

Nota 5: Os ensaios descritos no presente relatório foram realizados nas instalações permanentes do laboratório - (LMA/CPA).

Nota 6: Informações fornecidas pelo cliente: Solicitante; Endereço; Produto; Complemento; Lote; Lacre; Data de fabricação; Data de coleta; Telefone de contato e Responsável pela coleta.

Nota 7: Se o item for ensaiado admitindo-se desvios das condições específicas, logo, o(s) resultado(s) correspondente(s) a este item pode(m) ter alteração compatível ao desvio.

Identificação	Emissão	Revisão	Arquivo	Armazenamento	Indexação	Coleta	Acesso	Retenção	Disposição
FOR 128/04-FILMA241	16/12/2015	16/12/2024	SG-CPA	Eletrônico	Número do relatório	RT/RIS	Resrito	Por no mínimo 10 anos	Eliminar

Local de realização dos ensaios: Rodovia GO 462 KM 0 - Saída para Nova Veneza Campus Samambaia - UFG Goiânia Goiás CEP 74690-900 Fone: (62) 3521 1577 / 3521 1620 Site: https://cpa.evz.ufg.br e-mail: atendimento.lma@labcpa.com.br

Verifique a autenticidade deste Relatório de Ensaio em <https://cpa.evz.ufg.br/p/https://dcaolabcpa.com.br/valida>

ANEXO L

Resultado da Análise Microbiológica realizada pelo CPA-UFG – Formulação 4



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIAS
ESCOLA DE VETERINARIA E ZOOTECNIA
CENTRO DE PESQUISA EM ALIMENTOS

Página 1 de 1

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº do Relatório: 202525139

Recepção da Amostra: 17/11/2025

Temperatura de Recebimento: 12,5 °C

Solicitante: GABRIEL SOLINO COELHO

Endereço: Rua 235, nº85, Setor Leste Universitário, Goiânia

Produto: Bebidas alcoólicas não destiladas Cerveja

Complemento: CERVEJA FORMULAÇÃO 4 - CERVEJA DE ARROZ - VALIDADE: 05/12/25 - PESO/UNIDADE: 300ML - HORA DO RECEBIMENTO: 10:00 - CONDIÇÃO DA AMOSTRA: RESFRIADA. - Lote: NA - Lacre: NA

Data de Fabricação: 05/10/2025

Telefone de contato: (62) 982942285

Data de Coleta: 05/11/2025

Responsável pela Coleta/CPF: GABRIEL SOLINO COELHO - CPF:028.612.931-01

Recepção no Laboratório: 17/11/2025

Início da Análise: 17/11/2025

Fim da Análise: 18/11/2025

ENSAIO	VALOR DE REFERÊNCIA	VALOR ENCONTRADO	MÉTODO	LEGISLAÇÃO
Contagem de Coliformes Totais	SEM PADRÃO	<1,0x10 ⁶ UFC/mL est.	AOAC OMA 991.14. 22th ed, 2023.	NÃO SE APLICA.

Observações:

- Correção do cadastro "Acompanhamento - Gera cobrança" para "Acompanhamento - Sem cobrança".

*Goiânia, 24 de Novembro de 2025.

Digitally signed by MAGNO CANDIDO DA SILVA
JÚNIOR; 93710976120
Date: 2025.11.24 15:17:17 BRT

Magno Cândido da Silva Júnior
CRBIO 04/GO/87374/04-D
Responsável Técnico

(*) Data de emissão/entrega do presente relatório ao solicitante.

Notas:

Nota 1: Fica vedada a publicação do presente Relatório de Ensaio, para garantia do controle de qualidade de produção, sobre o qual o Centro de Pesquisa em Alimentos, não exerceu qualquer controle.

Nota 2: O laboratório não se responsabiliza pela coleta da amostra. O(s) resultado(s) aplicat(m) a(o) amostra(s) conforme recebida(s).

Nota 3: A reprodução de partes do presente Relatório de Ensaio requer autorização do laboratório por escrito.

Nota 4: Informações não relatadas podem ser disponibilizadas aos clientes quando solicitadas.

Nota 5: Os ensaios descritos no presente relatório foram realizados nas instalações permanentes do laboratório - (LMA/CPA).

Nota 6: Informações fornecidas pelo cliente: Solicitante, Endereço, Produto, Complemento, Lote, Lacre, Data de fabricação, Data de coleta, Telefone de contato e Responsável pela coleta.

Nota 7: Se o item for ensaio admitido-se desvios das condições específicas, logo, o(s) resultado(s) correspondente(s) a este item pode(m) ter alteração compatível ao desvio.

Identificação	Emissão	Revisão	Arquivo	Armazenamento	Indexação	Coleta	Acesso	Retenção	Disposição
FOR 128/04-ITL/MAZ41	16/11/2015	16/12/2024	SG-CPA	Eletrônico	Número do relatório	RT/RTS	Restrito	Por no mínimo 10 anos	Eliminar

Local de realização dos ensaios: Rodovia GO 462 KM 0 - Saída para Nova Veneza Campus Samambaia - UFG Goiânia Goiás CEP 74690-900 Fone: (62) 3521 1577 / 3521 1620 Site: <https://cpa.ezv.ufg.br> e-mail: atendimento.lma@abcpa.com.br
Verifique a autenticidade deste Relatório de Ensaio em <https://cpa.ezv.ufg.br/p/httpsvalidacaoabcpacombrcpalaudo>