
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO DO SUL – *CAMPUS COXIM*
CURSO DE TECNOLOGIA EM
ALIMENTOS**

ELIBERTA CONCEIÇÃO ALVARENGA

**ELABORAÇÃO DE PÃES COM RESÍDUOS DA MOSTURAÇÃO DA
CERVEJA**

**Coxim-MS
Junho 2026**

ELIBERTA CONCEIÇÃO ALVARENGA

**ELABORAÇÃO DE PÃES COM RESÍDUOS DA MOSTURAÇÃO DA
CERVEJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, *Campus* Coxim, como parte dos requisitos necessários para a obtenção de título de Tecnólogo em Alimentos, sob a orientação do Professora M^a. Clistiane Santos Santana e coorientação da Professora M^a. Adriana G. P. Silva.

**Coxim-MS
Junho 2026**

A473e Alvarenga, Eliberta Conceição

Elaboração de pães com resíduos da mosturação da cerveja /
Eliberta Conceição Alvarenga. – Coxim - MS, 2026.
24 p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso de Tecnologia
de Alimentos, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - IFMS, Campus
Coxim, 2026.

Orientadora: Profa. M^a. Clistiane Santos Santana

Coorientadora: Profa. M^a Adriana G. P. Silva

Inclui imagens.

Inclui referências.

1. Valorização de subprodutos. 2. Tecnologia de panificação. 3.
Inovação alimentar. 4. Sustentabilidade industrial. I. Santana, Clistiane
Santos. II. Silva, Adriana G. P. III. Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
– IFMS (Coxim). IV. Título.

CDD 23. ed. 641.815

RESUMO

O aproveitamento de subprodutos agroindustriais na elaboração de novos alimentos constitui uma alternativa para reduzir o desperdício e agregar valor à materiais provenientes dos processos produtivos. Nesse contexto, o resíduo da mosturação cervejeira apresenta potencial de utilização na produção de alimentos, especialmente em produtos de panificação, devido à presença de componentes que podem contribuir para suas características nutricionais e tecnológicas. O presente trabalho teve como objetivo elaborar formulações de pães contendo diferentes concentrações de resíduo da mosturação da cerveja e avaliar suas características físico-químicas. Foram elaboradas três formulações de pães, com substituição parcial da farinha de trigo por resíduo da mosturação cervejeira nas concentrações de 5%, 10% e 15%. Após a elaboração e o forneamento dos pães, foram realizadas análises físico-químicas de pH, acidez e colorimetria, considerando os parâmetros L^* , a^* , b^* , C^* e h° . Os resultados de pH apresentaram valores de 5,67, 5,58 e 5,35 para as formulações com 5%, 10% e 15% de resíduo, respectivamente, enquanto os valores de acidez foram de 0,70, 0,99 e 1,10 g de ácido/100 g de pão. Para os parâmetros colorimétricos, foram observadas variações entre as formulações quanto à luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo, cromaticidade e tonalidade. O aproveitamento do resíduo da mosturação cervejeira mostrou-se uma alternativa para sua incorporação em produtos de panificação, possibilitando o desenvolvimento de formulações de pães com diferentes características físico-químicas. Dessa forma, o estudo contribui para a valorização de subprodutos da indústria cervejeira e para a busca de alternativas de aproveitamento desses materiais na indústria de alimentos.

Palavras-chave: Valorização de subprodutos; Tecnologia de panificação; Inovação alimentar; Sustentabilidade industrial.

SUMÁRIO

1. INTRUDUÇÃO.....	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1. Produção de Cerveja	7
2.2. Produção de Cerveja no Mundo	7
2.3. Utilização de Resíduo de Mosto na Industria Alimentícia	8
2.4. Consumo de Pão no Brasil e no Mundo	9
2.5. Formulação do Pão de Mosto Cervejeiro	10
3. OBJETIVOS	11
3.1. Geral.....	11
3.2. Específicos.....	11
4. MATERIAS E MÉTODOS	12
4.1. Coleta do Mosto	12
4.2. Preparação das Formulações de Pães.....	13
4.3. ANÁLISE FÍSICOS QUÍMICAS.....	15
4.3.1. pH.....	15
4.3.2. Acidez	15
4.3.3. Colorimetria	15
4.3.4. Tratamento dos Resultados e análise estatística.....	15
5. RESULTADOS	16
5.1 Caracterização do pH e Acidez	18
5.2 Colorimetria	20
6 CONCLUSÃO.....	22
7 REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

O setor cervejeiro brasileiro apresentou uma expansão significativa ao longo dos últimos anos, acompanhada pelo aumento do número de microcervejarias e pela diversificação do perfil dos consumidores. Dados divulgados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) demonstram que, em 2017, o Brasil contabilizava 679 cervejarias registradas, evidenciando a evolução do setor e a ampliação da oferta de produtos. No ano seguinte, foram registradas 210 novas unidades produtivas, o que representou um crescimento expressivo do segmento e reforçou a expansão das cervejarias no país (MÜLLER; MARCUSSO, 2018).

O crescimento da produção cervejeira também está associado à geração de subprodutos, entre os quais se destaca o bagaço de malte. Esse material é obtido durante a etapa de mosturação, processo em que os componentes do malte são submetidos à ação da água para a produção do mosto cervejeiro. Embora seja considerado um resíduo do processo industrial, o bagaço de malte apresenta características nutricionais que possibilitam seu aproveitamento como matéria-prima para a elaboração de alimentos. Dessa forma, sua transformação em farinha constitui uma alternativa para agregar valor a esse subproduto, especialmente quando empregado na formulação de produtos de panificação e de outros alimentos. Além de contribuir para a diversificação de ingredientes utilizados pela indústria de alimentos, esse aproveitamento pode favorecer a redução do descarte de resíduos provenientes da produção de cerveja (QUEIROZ et al., 2020).

A panificação e a cervejaria são indústrias alimentícias com processos complementares que desempenham papéis significativos na cultura e economia global. Ambas utilizam a fermentação como um elemento central, e suas interações podem levar a inovações interessantes e práticas sustentáveis. A panificação envolve a produção de pães e produtos de padaria, utilizando ingredientes básicos como farinha, água, fermento e sal. O processo de fermentação é crucial, pois o fermento converte os açúcares presentes na farinha em dióxido de carbono e álcool, causando o crescimento e a leveza da massa (SILVA, 2022).

A cervejaria é responsável pela produção de cerveja, começando com a moagem de grãos e a produção de mosto, seguido pela fermentação com leveduras e a maturação. O processo cervejeiro é fundamental na criação de bebidas com diversas características sensoriais e de sabor. Recentemente, a indústria cervejeira tem experimentado um renascimento com o crescimento das microcervejarias e a produção de cervejas artesanais, o que tem levado a uma maior variedade e inovação no mercado (SILVA, 2022).

A interseção entre panificação e cervejaria é um exemplo notável de como subprodutos de uma indústria podem ser reaproveitados na outra. O mosto cervejeiro, por exemplo, é um subproduto rico em nutrientes que pode ser utilizado na panificação para melhorar o valor nutricional e adicionar características únicas ao pão. A utilização de mosto na formulação de pães não só contribui para a sustentabilidade ao reduzir o desperdício, mas também oferece benefícios nutricionais, como maior teor de fibras e proteínas (ABRACERVA, 2022).

Além disso, práticas sustentáveis têm sido promovidas em ambas as indústrias. A reutilização de resíduos e a adoção de processos mais eficientes energeticamente são tendências que refletem uma crescente consciência ambiental. A integração dessas práticas entre panificação e cervejaria pode levar a inovações que beneficiam tanto o setor alimentício quanto o meio ambiente. O aproveitamento de resíduos agroindustriais como fonte de matéria prima para novos produtos vem despertando o interesse tanto de pesquisadores como das indústrias produtoras. Nos últimos anos a utilização sustentável desses subprodutos gerados no setor agroalimentar tornou-se cada vez mais importante e um desafio na ciência e tecnologia de alimentos. A transformação do bagaço de malte em ingrediente alimentar na elaboração de uma farinha com características funcionais representa uma boa estratégia principalmente para microcervejarias (BRANDÃO, 2021).

A produção em microcervejarias gera uma quantidade significativa de resíduos, como o bagaço de malte, proveniente do processo de mosturação. Esse resíduo é rico em fibras, proteínas e compostos bioativos, o que confere a ele um alto potencial tecnológico. O reaproveitamento desses resíduos tem atraído a atenção de pesquisadores e da indústria, devido às suas possibilidades de aplicação. Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho foi desenvolver e caracterizar uma farinha a partir do bagaço de malte.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRODUÇÃO DE CERVEJA

Cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. A cerveja deverá ser estabilizada biologicamente por processo físico apropriado, podendo ser denominada de chope ou chopp a cerveja não submetida a processo de pasteurização para o envase. A produção de cerveja é uma das indústrias mais antigas e relevantes globalmente, com registros históricos de sua existência há mais de 5 mil anos. Ao longo do tempo, essa indústria evoluiu, influenciada por fatores econômicos, culturais e tecnológicos de diferentes regiões (BRASIL, 2009).

2.2 PRODUÇÃO DE CERVEJA NO MUNDO

No cenário global, a China lidera a produção de cerveja, seguida pelos Estados Unidos, Brasil, Alemanha e México. Em 2021, a China produziu cerca de 350 milhões de hectolitros de cerveja, destacando-se como o maior produtor mundial. A Alemanha, apesar de produzir menos em volume, é reconhecida pela qualidade e tradição na fabricação de cerveja, com destaque para a Lei da Pureza Alemã de 1516, que estipula o uso exclusivo de cevada, lúpulo, água e levedura na produção. Nos Estados Unidos, o movimento das microcervejarias e cervejas artesanais tem transformado a indústria. Desde o final do século XX, o país viu uma explosão no número de pequenas cervejarias, que trouxeram inovação em sabores, técnicas e ingredientes, tornando o mercado de cervejas artesanais altamente competitivo e diversificado (BRANDÃO, 2021).

O México, por sua vez, é um grande exportador de cerveja, com marcas icônicas como Corona e Modelo sendo amplamente consumidas nos Estados Unidos e outros países. O setor cervejeiro mexicano é um dos pilares da economia, com uma produção de aproximadamente 125 milhões de hectolitros em 2020. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de cerveja, com um mercado dominado por grandes grupos empresariais, como a Ambev, que responde por cerca de 60% do mercado brasileiro. Em 2020, o Brasil produziu aproximadamente 140 milhões de hectolitros de cerveja, consolidando-se como um dos maiores consumidores e produtores globais (SILVA, 2022).

A cultura cervejeira no Brasil é diversa e está em constante expansão. Enquanto as cervejas do tipo lager são as mais populares, adaptadas ao clima quente do país, o segmento de cervejas artesanais tem crescido significativamente. Segundo a Associação Brasileira de Cerveja Artesanal (Abracerva), o número de microcervejarias registradas no país cresceu 20% em 2021. O Brasil também se destaca por suas inovações no uso de resíduos da produção de cerveja. Empresas têm investido na sustentabilidade, utilizando o bagaço de malte, um subproduto do processo cervejeiro, em outras indústrias, como a panificação e alimentação animal (ABRACERVA, 2022).

A produção de cerveja, tanto no Brasil quanto no mundo, é uma indústria rica em história e importância cultural. Com raízes profundas em tradições milenares, ela continua a evoluir, impulsionada por inovações e adaptações às novas demandas dos consumidores. No Brasil, a combinação de uma forte tradição com a inovação contínua faz do setor cervejeiro um dos mais dinâmicos e promissores da economia (BRANDES, 2021).

2.3 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE MOSTO CERVEJEIRO NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

O mosto cervejeiro, um dos principais subprodutos da produção de cerveja, é gerado em grandes quantidades durante o processo de fabricação. Esse resíduo consiste basicamente de cascas de cevada, restos de grãos e resíduos do processo de maceração. Embora seja frequentemente considerado um resíduo, o mosto possui um grande potencial para reutilização em diferentes setores, principalmente na indústria alimentícia.

A reutilização do mosto na panificação é uma das aplicações mais promissoras. De acordo com a Associação Brasileira de Cerveja Artesanal (2022), o mosto é rico em fibras, proteínas e minerais, o que pode melhorar o valor nutricional dos produtos de panificação, além de conferir características sensoriais únicas, como sabor e textura diferenciados. Este subproduto tem sido utilizado na fabricação de pães, biscoitos e outros produtos de panificação, resultando em alimentos com maior teor de fibras e com um perfil aromático diferenciado.

Além dos benefícios nutricionais, a incorporação do mosto em produtos alimentícios também contribui para a sustentabilidade. O uso de resíduos industriais como matéria-prima reduz o desperdício e minimiza o impacto ambiental da produção cervejeira. Silva (2022) destaca que a utilização do mosto em alimentos pode reduzir significativamente a quantidade de resíduos descartados, promovendo uma economia circular dentro da cadeia produtiva.

Essa prática também representa uma oportunidade econômica para as microcervejarias e a indústria alimentícia. Brandão (2021) observa que o reaproveitamento do mosto pode reduzir custos de produção ao transformar um resíduo em insumo valioso, além de agregar valor aos produtos finais. Dessa forma, o uso do mosto como ingrediente em panificação e outros produtos alimentícios alinha-se com as tendências atuais de sustentabilidade e inovação no setor de alimentos.

2.4 CONSUMO DE PÃO NO BRASIL E NO MUNDO

No Brasil, o consumo de pão é amplamente difundido, com o pão francês (ou pão de sal) sendo o tipo mais popular. Segundo Silva (2022), o brasileiro consome, em média, 33 kg de pão por ano, o que representa uma quantidade significativa, embora ainda inferior ao consumo em países europeus, onde o pão é parte fundamental das refeições diárias.

Apesar de ser um alimento básico, o consumo de pão no Brasil tem passado por transformações nos últimos anos. Observa-se uma crescente demanda por pães integrais e produtos de panificação com ingredientes mais saudáveis, como grãos, sementes e fibras. Esse movimento está alinhado com uma maior conscientização sobre a saúde e a nutrição, bem como com a busca por dietas equilibradas e alimentos funcionais. Além disso, o mercado de panificação tem se diversificado para atender às necessidades de consumidores com restrições alimentares, como os intolerantes ao glúten. (ABRAPAN, 2021).

A produção e o consumo de pão também estão diretamente ligados a questões econômicas e culturais. Em muitas sociedades, o pão é visto não apenas como alimento, mas como um símbolo de hospitalidade e convivência. No Brasil, o hábito de "tomar café da manhã com pão" é uma tradição enraizada, representando um momento de socialização familiar (SILVA, 2022).

2.5 FORMULAÇÃO DO PÃO DE MOSTO CERVEJEIRO

A incorporação de subprodutos da indústria cervejeira, como o mosto, na formulação de alimentos, tem ganhado destaque no contexto da economia circular e da sustentabilidade. O mosto cervejeiro, rico em fibras, proteínas e minerais, surge como um ingrediente promissor na panificação, conferindo características sensoriais únicas e agregando valor nutricional aos produtos (KOHNEN, et al 2023).

O mosto é composto principalmente por cascas de cevada e outros resíduos de grãos utilizados na produção de cerveja. Segundo Silva (2022), a adição de mosto na formulação de pães pode melhorar a textura e o sabor do produto final, além de aumentar o teor de fibras, o que é altamente desejável em dietas modernas focadas na saúde digestiva. A substituição parcial da farinha de trigo pelo mosto também pode reduzir o índice glicêmico do pão, tornando-o uma opção mais saudável para o consumo diário.

Brandão (2021) destaca que a inclusão de mosto na panificação não só aproveita um subproduto de outra indústria, mas também responde à crescente demanda por produtos alimentícios que combinam funcionalidade e sustentabilidade. Pães formulados com mosto têm mostrado boa aceitação sensorial, com características de sabor mais ricas e uma crosta mais crocante, devido à presença dos resíduos de cevada.

Além disso, a utilização de mosto pode ter impacto econômico positivo para as indústrias de panificação e cervejaria. Abracerva (2022) observa que o reaproveitamento do mosto para a produção de pães pode reduzir os custos associados ao descarte de resíduos, além de oferecer uma nova fonte de receita para microcervejarias que adotam práticas sustentáveis. A formulação de pão com mosto, portanto, alinha-se com as práticas de economia circular, promovendo a reutilização de recursos e a minimização de desperdícios.

No desenvolvimento de receitas, é comum substituir cerca de 10% a 20% da farinha de trigo pelo mosto, o que resulta em um pão com propriedades nutritivas melhoradas sem comprometer a qualidade do produto final. Brandes (2021) destaca que essa proporção pode variar dependendo das características desejadas para o pão, como textura, sabor e valor nutricional.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar formulações de pães contendo resíduo da mosturação da cerveja e avaliar suas características físico-químicas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender sobre processo de fabricação de pão;
- Processar o resíduo da mosturação cerveja;
- Elaborar as formulações de pães enriquecidos;
- Avaliar as propriedades físico-químico dos pães a partir resíduo da mosturação de cerveja.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Coleta do mosto

Conforme ilustrado na **Figura 1**, a coleta e a utilização do resíduo da mosturação da cerveja para a elaboração de pães envolvem uma sequência de etapas que garantem o adequado aproveitamento desse subproduto no processo de panificação. Essas etapas compreendem a obtenção do resíduo na cervejaria, seu armazenamento e preparo, seguido da incorporação à formulação da massa, contribuindo para o desenvolvimento de produtos com maior valor nutricional e para o aproveitamento sustentável desse coproduto.

Figura 1 - Resíduo de mosturação cervejeira (RMC).



Fonte: Autoria própria, (2024).

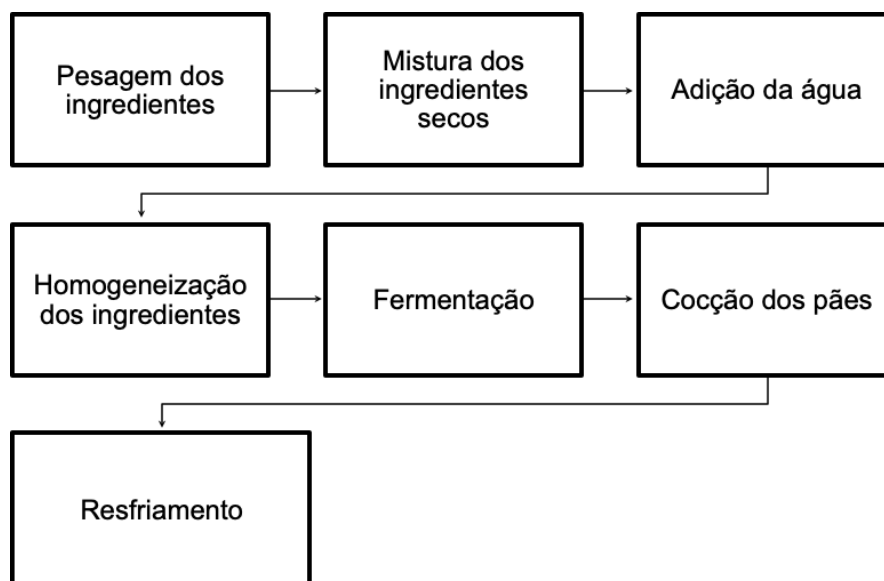
O mosto é um subproduto gerado durante a produção de cerveja, o mosto utilizado neste trabalho foi coletado através de uma doação realizada por um pesquisador que elaborou cerveja no laboratório do IFMS campus Coxim.

Após a fervura dos grãos, o mosto foi separado dos sólidos (bagaço de malte) por processos de filtração e centrifugação. Realizou-se a coleta do mosto resultante para uso posterior. O mosto foi armazenado para evitar a deterioração e mantido em congelamento a -5 C° para preservar suas características e evitar a fermentação indesejada.

4.2 Preparação das Formulações de Pães

Conforme apresentado na **Tabela 2**, as formulações dos pães foram elaboradas por meio da substituição parcial da farinha de trigo pelo resíduo da mosturação da cerveja, em diferentes proporções. Essa estratégia permitiu avaliar a influência da incorporação do coproduto sobre as características tecnológicas, físico-químicas e sensoriais dos pães produzidos.

Figura 2- Fluxograma de produção dos pães.



Fonte: Autoria própria, (2024).

TABELA 1 - Ingredientes dos pães elaborados com diferentes quantidades de resíduo de mosturação cervejeira (RMC).

Ingredientes	5% RMC	10% RMC	15% RMC
Farinha de trigo	95%	90%	85%
Água	70%	70%	70%
Resíduo de mosturação	5%	10%	15%
Açúcar Cristal	1%	1%	1%
Óleo vegetal	0,5%	0,5%	0,5%
Sal	0,5%	0,5%	0,5%
Ovo	1	1	1
Fermento Biológico em pó	1%	1%	1%

Fonte: Autoria própria, (2024).

Foi realizada a preparação de três pães com diferentes porcentagens de mosto cervejeiro, foram elaborados com 5% de farinha de mosto, 10% farinha de mosto e 15% farinha de mosto.

Realizou-se a mistura do mosto juntamente com a farinha de trigo, água, fermento, açúcar, sal, ovos e em seguida adicionado o óleo, logo após, as 3 formulações de pães com 5%, 10% e 15% de farinha de mosto cervejeiro foram amassadas, moldadas e deixadas para fermentar a 20 minutos.

Após a fermentação, os pães foram assados a gás entre 180C° à 250C° os pães. Durante o processo de assamento, o mosto contribuiu para a textura e o sabor do pão, além de fornecer propriedades nutricionais adicionais. Após o assamento, os pães foram devidamente acondicionados e armazenados em congelador à temperatura de -5 °C, permanecendo sob essas

condições até a realização das análises físico-químicas no dia seguinte.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.3.1 pH

Os pães foram diluídos em água para análise de pH, foi posteriormente utilizado um potenciômetro da marca Hanna, modelo pH 21 calibrado com soluções tampão pH 4 e 7. Para calcular o pH foram realizadas 10 repetições (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

4.3.2 Acidez

Adicione uma solução de base de concentração conhecida (geralmente hidróxido de sódio, NaOH) à amostra até atingir o ponto de equivalência, que é detectado por um indicador ácido-base ou pH-metro (IAL, 2005).

4.3.3 Colorimetria

Os pães de mosto foram submetidos à análise de cor instrumental com colorímetro Konica Minolta, obtendo-se os parâmetros de luminosidade (L^*), variando de 0% (branco) a 100% (preto) e tendências às cores, verde (a^{*-}), vermelho (a^{*+}), azul (b^{*-}) e amarela (b^{*+}), cromaticidade (C^*) e ângulo de cor ($^{\circ}\text{Hue}$). Conforme a sequência CIELAB, o ângulo $^{\circ}\text{Hue}$, define a cor vermelha como 0°h , amarelo como 90°h , verde como 180°h e azul como 270°h (SCAPPATICC et al., 2024).

O parâmetro cromaticidade ou Chroma (C^*) define a intensidade de cor, ou seja, valores próximos a zero são indicativos de cores neutras (branco e/ou cinza) e valores ao redor de 60 indicam cores vívidas e/ou intensas. O equipamento foi calibrado com uma placa de óxido de magnésio padrão, com superfície lisa e de cor branca. Condicionaram-se as amostras à temperatura de 20°C . Foi realizada a leitura em cinco pontos da amostra da casca do pão. Os valores de L^* , a^* , b^* , C^* e $^{\circ}\text{Hue}$ foram lidos diretamente do visor do colorímetro.

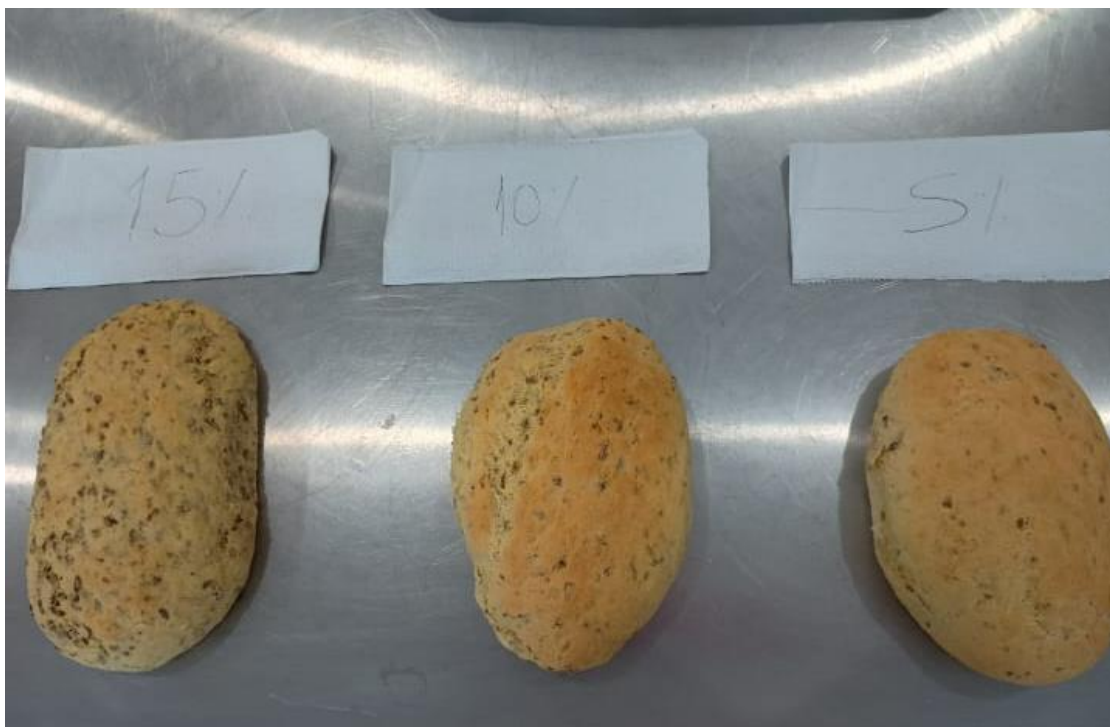
4.3.4 Tratamento dos resultados e análise estatística

Foram realizadas análises estatísticas utilizando o software SISVAR. Inicialmente, os dados foram avaliados por meio da análise de variância univariada (ANOVA) e, quando constatadas diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$) (FERREIRA, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **figura 3** estão apresentadas os pães elaborados com diferentes concentrações de resíduo de mosturação cervejeiro.

Figura 3: Resultado final dos pães inteiros após o processo de assar: pão 5%, pão 10% e pão 15%.



Fonte: Autoria própria, (2024).

Na **Figura 4**, estão apresentadas as estruturas internas da massa dos pães.

Figura 4: Resultado final dos pães cortados após o processo de assar: **pão 5%, pão 10% e pão 15%.**



Fonte: Autoria própria, (2024).

As Figuras 3 e 4 apresentam os aspectos externos e internos dos pães elaborados com diferentes concentrações de resíduo de mosturação cervejeiro. A comparação visual entre as formulações permite verificar possíveis alterações na aparência dos produtos decorrentes da substituição parcial da farinha de trigo pelo resíduo. A utilização do bagaço de malte em produtos de panificação é uma alternativa para o aproveitamento desse subproduto da indústria cervejeira, considerando sua composição e seu potencial de utilização como ingrediente alimentício (COSTA et al., 2020).

Na Figura 3, podem ser observadas diferenças na aparência superficial das formulações, principalmente em relação à coloração e ao aspecto da crosta. A presença do resíduo de mosturação pode contribuir para essas alterações, uma vez que o material proveniente do malte apresenta características próprias que podem ser incorporadas ao produto durante o processamento. A utilização de farinha obtida a partir do bagaço de malte em produtos de panificação também foi associada a alterações nas características visuais dos produtos elaborados (ARANHA et al., 2023).

A diferença de coloração entre as formulações pode estar relacionada ao aumento da quantidade de resíduo incorporado à massa. Como o bagaço de malte possui coloração própria e contém diferentes componentes provenientes do processamento do malte, sua utilização em maiores proporções pode resultar em produtos visualmente distintos daqueles elaborados somente com farinha de trigo. Alterações de cor em produtos de panificação contendo bagaço de malte também foram observadas em estudos anteriores, demonstrando que a quantidade adicionada pode influenciar essa característica (ARANHA et al., 2023).

Na Figura 4, são apresentadas as estruturas internas dos pães após o corte, permitindo observar a formação e a distribuição dos alvéolos no miolo. As diferenças verificadas entre as formulações podem estar relacionadas à substituição parcial da farinha de trigo, uma vez que a redução da proporção de farinha pode modificar as características da massa e sua capacidade de formar uma estrutura adequada durante a fermentação e o forneamento. A incorporação de bagaço de malte em formulações de pão pode provocar alterações nas propriedades da massa e nas características finais do produto (FIGUEIREDO et al., 2020).

A estrutura do miolo também pode ser influenciada pela presença de componentes do bagaço de malte, especialmente as frações fibrosas. A inclusão desse material modifica a composição da massa e pode interferir na formação da rede estrutural responsável pela retenção dos gases durante a fermentação. Consequentemente, diferentes níveis de substituição podem resultar em diferenças no desenvolvimento e na organização do miolo dos pães (LI et al., 2024).

Considerando as três formulações avaliadas, as imagens demonstram que a utilização do resíduo de mosturação cervejeiro promoveu modificações nas características visuais dos pães, tanto na superfície quanto na estrutura interna. Essas diferenças reforçam a necessidade de avaliar o efeito

da concentração do resíduo por meio de parâmetros objetivos, como volume, cor, textura e composição físico-química, permitindo relacionar as alterações observadas visualmente aos resultados obtidos nas demais análises do estudo (FIGUEIREDO et al., 2020; LI et al., 2024).

5.1 Caracterização do pH e acidez

Os resultados das análises dos pães elaborados com diferentes concentrações de resíduo da mosturação da cerveja estão apresentados na **Tabela 2**, contemplando os teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos, parâmetros utilizados para a caracterização físico-química das formulações.

Tabela 2 - Resíduos de mosturação cervejeiro por meio do Software SISVAR, no módulo de Análise de Variância Univariada (ANOVA), e teste Tukey ao nível de 5%.

Parâmetros	Média ± desvio padrão		
Formulação	Pão 5%	Pão 10%	Pão 15%
pH	5,67 ± 0,01 ^a	5,58 ± 0,02 ^a	5,35± 0,02 ^a
Acidez	0,70 ± 0,02 ^a	0,99 ± 0,01 ^a	1,10± 0,01 ^a

*Letras iguais na mesma linha indicam que as amostras não diferem estatisticamente entre si (p>0,05).

Fonte: Autoria própria, (2023).

O pH está relacionado com a acidez do alimento. Quanto menor o valor do pH, mais ácido é o produto. No caso dos pães que o pH aumenta a quantidade do ingrediente adicionado (5%, 10%, 15%). Isso sugere que o ingrediente adicionado ou contribui diretamente com compostos ácidos ou altera o processo de fermentação, resultando em maior produção de ácidos. A adição do resíduo pode, por exemplo, promover uma fermentação mais ativa ou liberar ácidos orgânicos que abaixam o pH.

A acidez (g de ácido/100g de pão), similar ao comportamento do pH, com um aumento nos valores de acidez à medida que a quantidade do ingrediente adicionado aumenta. Isso é esperado, pois a acidez total reflete a quantidade de ácidos presentes no pão, e o aumento na porcentagem do ingrediente pode estar liberando mais compostos ácidos no sistema.

Pão com 5% de adição: Apresenta o valor de pH de (5,67), indicando que é o menos ácido das formulações, com uma acidez mais baixa (0,70 g/100g). Isso sugere que a quantidade de ingrediente adicionada tem um impacto menor nas características ácidas do pão.

Pão com 10% de adição: Mostra uma diminuição no pH (5,58) e um aumento na acidez (0,99 g/100g). Essa formulação já apresenta um ambiente mais ácido, indicando uma influência mais pronunciada da adição do ingrediente. Isso pode ser resultado de maior fermentação, gerando mais ácidos, ou da liberação de ácidos inerentes ao ingrediente adicionado.

Pão com 15% de adição: Tem o pH mais baixo (5,35) e a maior acidez (1,10 g/100g), mostrando que essa formulação é a mais ácida. O aumento de 15% do ingrediente adiciona uma quantidade significativa de compostos ácidos, ou promove uma maior produção de ácidos durante o processamento. O aumento progressivo da adição do ingrediente ao pão leva a uma redução do pH (maior acidez) e um aumento da acidez titulável. Isso indica que o ingrediente introduz ou gera compostos ácidos que alteram a natureza química dos pães. Essas mudanças podem impactar não só o sabor, mas também a textura e a durabilidade do produto, pois ambientes mais ácidos podem inibir o crescimento de microrganismos indesejados e modificar a atividade das enzimas responsáveis pela estrutura do pão.

5.2. Colorimetria

A **Tabela 3** apresenta os parâmetros colorimétricos dos pães resíduos de mosturação cervejeiro em diferentes composições de pães (5%, 10%, 15%).

Tabela 3- Análise da colorimetria por meio do Software SISVAR, no módulo de Análise de Variância Univariada (ANOVA), e teste Tukey ao nível de 5%.

Colorímetro	MÉDIA±DESVIO PADRÃO		
Tratamento	Pão 5%	Pão 10%	Pão 15%
L*	69,88±0,07 ^a	65,44±0,09 ^a	68,99±0,09 ^a
a*	3,03±0,065 ^a	4,32±0,06 ^a	2,61±0,06 ^a
b*	34,18±0,03 ^a	32,67±0,03 ^a	32,34±0,02 ^a
C*	34,31±0,13 ^a	32,95±0,02 ^a	32,45±0,09 ^a
h°	84,93±0,30 ^b	82,47±0,31 ^b	85,38±0,30 ^a

L* = luminosidade, a* = intensidade de vermelho, b* = intensidade de amarelo, C* = cromaticidade, h* = ângulo de tonalidade. *Controle. *Letras iguais na mesma linha indicam que as amostras não diferem estatisticamente entre si (p>0,05).

Fonte: Autoria própria, (2024).

Os resultados obtidos com o colorímetro (L*, a*, b*, C* e h°) para as diferentes formulações de pão (5%, 10% e 15%) indicam variações nas características de cor das amostras, o que pode estar relacionado à quantidade do ingrediente adicionado.

O parâmetro L* mede a luminosidade da amostra, onde valores próximos de 100 indicam maior claridade (branco) e valores próximos de 0 indicam escuridão (preto).

O pão com 5% de adição tem a maior luminosidade (69,88), sugerindo que essa formulação

é mais clara. A formulação com 10% tem luminosidade (65,44), indicando uma cor mais escura, que pode ser devido à maior interação do ingrediente adicionado com o processo de Maillard (escurecimento não enzimático). O pão com 15% apresenta um valor intermediário de luminosidade (68,99), mais próximo da formulação com 5%.

O parâmetro a^* indica a variação entre tons vermelhos (valores positivos) e verdes (valores negativos). O pão com 10% apresenta o valor de a^* (4,32), indicando uma tonalidade mais avermelhada, o que pode estar relacionado ao desenvolvimento de pigmentos durante o processo de cocção. O pão com 5% tem um valor menor (3,03), com tonalidade menos intensa em comparação com o pão de 10%. O pão com 15% apresenta o valor de a^* (2,61), sugerindo que essa formulação é menos avermelhada.

O parâmetro b^* varia entre amarelo (valores positivos) e azul (valores negativos). O pão com 5% tem o maior valor de b^* (34,18), indicando uma tonalidade mais amarelada. As formulações com 10% e 15% têm valores menores (32,67 e 32,34), o que pode indicar uma leve redução da tonalidade amarela com o aumento da porcentagem de adição.

O C^* (croma) reflete a intensidade ou pureza da cor. A amostra de pão com 5% apresenta o maior valor de C^* (34,31), indicando uma cor mais intensa em comparação com as outras formulações. O valor de C^* diminui com o aumento da adição do ingrediente (32,95 para o pão com 10% e 32,45 para o pão com 15%), sugerindo que essas formulações têm cores menos intensas.

O parâmetro h° (matiz) indica o tipo de cor percebida, com valores variando de 0° (vermelho) a 90° (amarelo). A maior variação de matiz é observada no pão com 15% (85,38), seguido pelo pão com 5% (84,93) e o pão com 10% (82,47). Isso sugere que o pão com 10% tem uma tonalidade um pouco mais distante do amarelo em comparação com as outras formulações.

O pão com 10% de adição se destaca com uma tonalidade mais vermelha (maior valor de a^*) e mais escura (menor valor de L^*), o que pode estar relacionado a reações de escurecimento mais intensas durante o processamento, provavelmente devido à maior quantidade de ingredientes que promovem a reação de Maillard ou caramelização.

O pão com 5% mantém uma coloração mais clara e amarelada (maiores valores de L^* e b^*), e também tem a maior intensidade de cor (maior C^*). O pão com 15% apresenta uma coloração com menor intensidade e uma tonalidade mais amarelada, sugerindo que, apesar da maior adição de ingrediente, ele não escureceu tanto quanto o pão de 10%.

Esses dados sugerem que a adição progressiva do ingrediente altera significativamente a cor dos pães, sendo o pão com 10% o mais escuro e avermelhado. Essas variações podem afetar a percepção sensorial dos consumidores e devem ser levadas em consideração ao desenvolver novas formulações.

6 CONCLUSÃO

A elaboração dos pães com diferentes concentrações de resíduo da mosturação cervejeira permitiu avaliar o efeito da substituição parcial da farinha de trigo nas formulações contendo 5%, 10% e 15% do resíduo. As análises realizadas demonstraram variações nos parâmetros físico-químicos avaliados, incluindo pH, acidez e características de cor, evidenciando que a incorporação do resíduo pode influenciar as características dos produtos obtidos. Dessa forma, o objetivo de elaborar as formulações e avaliar suas características físico-químicas foi alcançado.

Os resultados obtidos indicam que o resíduo da mosturação cervejeira apresenta potencial para ser utilizado como ingrediente na elaboração de pães, contribuindo para o aproveitamento de um subproduto da indústria cervejeira e para sua valorização na produção de alimentos. Assim, sua utilização representa uma alternativa de aproveitamento de materiais provenientes de processos agroindustriais, sendo necessários estudos complementares para avaliar aspectos nutricionais, sensoriais, tecnológicos e de conservação dos produtos elaborados.

7 REFERÊNCIAS

- ABRACERVA. Relatório Anual do Setor Cervejeiro. 2022. Disponível em: <https://abracerva.org.br>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- ARANHA, C. P. M.; SANTOS, A. T.; MACHADO, T. L. C.; MARTELLI, S. M. Elaboração e caracterização de pão de mel adicionado de farinha de bagaço de malte. *Revista Perspectiva*, v. 47, n. 179, p. 71-82, 2023. DOI: 10.31512/persp.v.47.n.179.2023.347.p.71-82.
- ABRAPAN. Mercado de Pães no Brasil: Relatório Anual. 2021. Disponível em: <https://abrapan.org.br>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- BRANDÃO, L. Aplicações Sustentáveis na Panificação: O Uso de Mosto Cervejeiro. *Revista Brasileira de Panificação e Confeitaria*, 2021. Disponível em: <https://revistapanificacao.com.br>. Acesso em: 21 ago. 2024.
- BRANDÃO, L. Mercado de Cervejas no Brasil: Panorama e Tendências. *Revista Brasileira de Cervejas Artesanais*, 2021. Disponível em: <https://revistabcervejas.com.br>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- BRANDÃO, L. Mercado de Pães na Europa: Consumo e Tendências. *Revista Brasileira de Alimentos*, 2021. Disponível em: <https://revistabrasileiradealimentos.com.br>. Acesso em: 24 ago. 2024.
- BRANDES, S. Desenvolvimento de Produtos Alimentícios com Subprodutos da Cerveja. *Journal of Food Innovation*, 2021. Disponível em: <https://foodinnovationjournal.com>. Acesso em: 23 ago. 2024.
- BRANDES, S. Evolução do Consumo de Alimentos Sem Glúten no Brasil. *Journal of Food Studies*, 2021. Disponível em: <https://journalfoodstudies.com>. Acesso em: 21 ago. 2024.
- BRANDES, S. The Evolution of Beer Production in Germany. *European Journal of Food and Drink*, 2021. Disponível em: <https://europeanfooddrinkjournal.com>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 5 jun. 2009.
- COSTA, G. M. da; SILVA, V. R. O.; LOUZADA, M. H.; QUEIROZ, I. C. Elaboração e caracterização físico-química de farinha de bagaço de malte. *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*, v. 1, n. 2, p. 11-25, 2020.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019. DOI: 10.28951/rbb.v37i4.450.
- FIGUEIREDO, M. J. de; VILELA, A.; RIBEIRO, C. A. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; et al. Desenvolvimento e caracterização de pão tipo francês com substituição parcial da farinha de trigo por bagaço de malte. 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005.

LI, et al. Applicability of wheat brewer's spent grain in steamed bread-making based on physicochemical and visual profiles assessment of doughs and breads. 2024.

KUIAVSKI, M. P. B.; BEZERRA, J. R. M.; VIDAL, T. A. M.; TEIXEIRA, A. M.; RIGO, M. Elaboração de pães com adição de farinha do Bagaço de malte. *Brazilian Journal of Development*, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/BJ6N7-823>. Acesso em: 20 ago. 2024.

SCAPPATICCI, G.; MERCANTI, N.; PIERACCI, Y.; FERRARI, C.; MANGIA, R.; MARIANELLI, A.; MACALUSO, M.; ZINNAI, A. Bread Improvement with Nutraceutical Ingredients Obtained from Food By-Products: Effect on Quality and Technological Aspects. *Foods* 2024, 13, 825. <https://doi.org/10.3390/foods13060825>.

SILVA, R. A Indústria Cervejeira Global: Produção e Exportação. *Jornal do Comércio*, 2022. Disponível em: <https://jornaldocomercio.com.br>. Acesso em: 28 ago. 2024.

SILVA, R. Consumo de Pão no Brasil: Análise e Perspectivas. *Jornal do Comércio*, 2022. Disponível em: <https://jornaldocomercio.com.br>. Acesso em: 24 ago. 2024.

SILVA, R. O Impacto do Uso de Mosto na Formulação de Pães. *Jornal do Comércio*, 2022. Disponível em: <https://jornaldocomercio.com.br>. Acesso em: 20 ago. 2024.

KOHNEN, S.; TREICHEL, H.; CANSIAN, R. L.; et al. Brewer's spent grain: overview of its potential for food applications. *Food Reviews International*, v. 39, n. 6, p. 3154–3183, 2023.