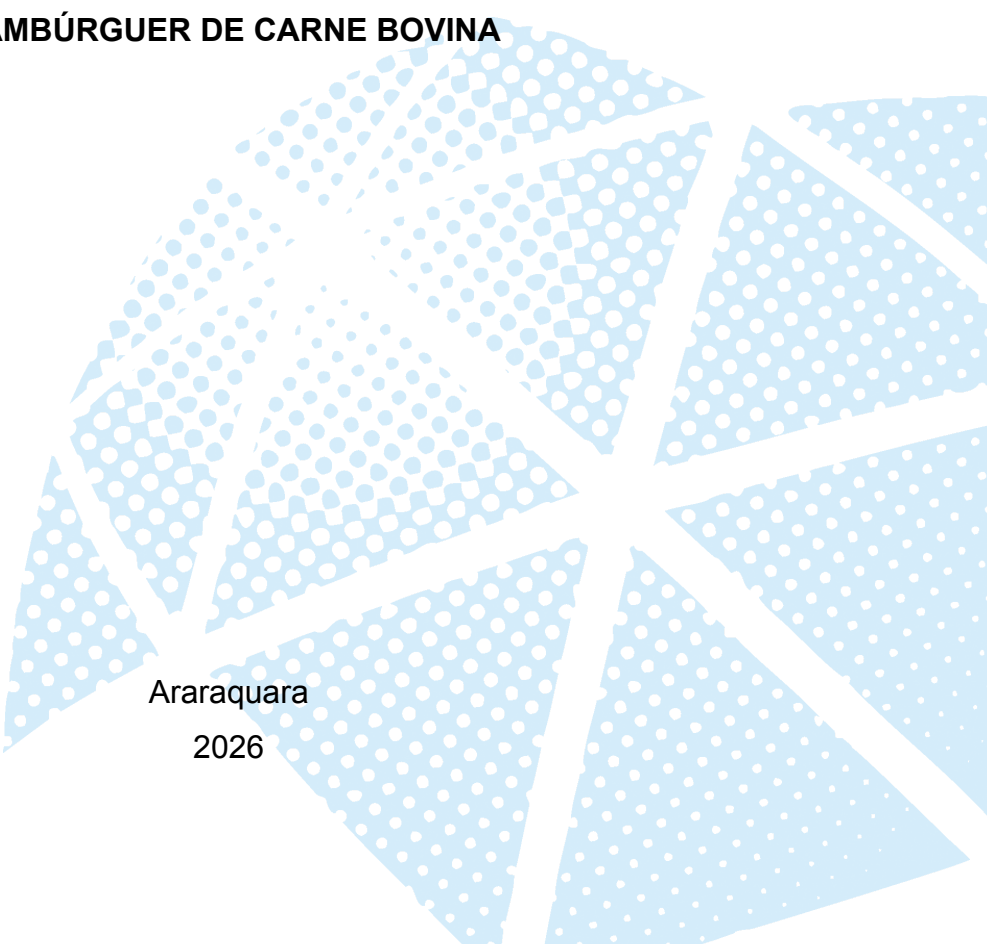


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Câmpus de Araraquara

RAINARA MICHELIN BELETATO

**APLICAÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS BASEADOS EM ALIÁCEAS EM
HAMBÚRGUER DE CARNE BOVINA**

Araraquara
2026



RAINARA MICHELIN BELETATO

**APLICAÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS BASEADOS EM ALIÁCEAS EM
HAMBÚRGUER DE CARNE BOVINA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, para obtenção do título de Mestra em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos.

Área de Concentração: Alimentos e Nutrição

Orientador(a): Profa. Dra. Renata Tieko Nassu

Araraquara

2026

B428a Beletato, Rainara Michelin
Aplicação de filmes comestíveis baseados em aliáceas em
hambúrguer de carne bovina / Rainara Michelin Beletato. --
Araraquara, 2026
90 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara
Orientadora: Renata Tieko Nassu

1. Hambúrgueres. 2. Alimentos Embalagens. 3. Alimentos
congelados. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: APLICAÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS BASEADOS EM ALIÁCEAS EM HAMBÚRGUER DE CARNE BOVINA

AUTORA: RAINARA MICHELIN BELETATO

ORIENTADORA: RENATA TIEKO NASSU

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos, área: Alimentos e Nutrição pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. RENATA TIEKO NASSU (Participação Virtual)

Embrapa Pecuária Sudeste / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

Prof. Dr. SÉRGIO BERTELLI PFLANZER JÚNIOR (Participação Virtual)

Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos / Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Campinas (Unicamp)

Profa. Dra. ANDREA CARLA DA SILVA BARRETTO (Participação Virtual)

Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos / UNESP / Câmpus de São José do Rio Preto - Ibilce

Araraquara, 09 de junho de 2026.

Dedico este trabalho à minha família

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

E com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2023/03583-9.

Agradeço, primeiramente, a Deus por nunca me abandonar, por renovar minhas forças nos momentos difíceis e por tornar possível a realização deste sonho.

Agradeço às instituições onde esta pesquisa foi desenvolvida, Embrapa Pecuária Sudeste e Embrapa Instrumentação, pela infraestrutura, apoio técnico e ambiente científico que tornaram possível a realização deste trabalho. Agradeço também a colaboração da equipe do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), especialmente a Dra. Marcia Mayumi Harada Haguiwara, que contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento e enriquecimento desta pesquisa.

À minha orientadora Dra. Renata Tieko Nassu, expresso minha sincera gratidão pela orientação, confiança, dedicação e pelos valiosos ensinamentos ao longo de todo o percurso acadêmico, fundamentais para meu crescimento científico e profissional. Às minhas colegas de laboratório, Vanessa e Suelen, agradeço pelo companheirismo, pelas trocas de conhecimento, pelo apoio nos momentos desafiadores e pela convivência diária, que tornaram essa trajetória mais leve e enriquecedora. Aos meus amigos, agradeço pelo incentivo, compreensão e apoio emocional ao longo dessa caminhada, especialmente nos momentos de maior exigência e dedicação.

À minha família, agradeço pelo apoio incondicional, pela compreensão das ausências e pelo constante incentivo à minha formação acadêmica. De maneira especial, agradeço à minha mãe, Rosimeire Michelin, por ser minha maior inspiração, pelo amor, apoio incansável e por nunca medir esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos, sua força e dedicação foram essenciais para que este trabalho se tornasse realidade.

“Para que todos vejam, e saibam, e considerem, e juntamente entendam que a mão do Senhor fez isso.” — Isaías 41:20

RESUMO

Os hambúrgueres de carne bovina são ricos em proteínas e lipídios, mas estão sujeitos a reações oxidativas que, em estágio avançado, podem reduzir o valor nutricional e comprometer a qualidade sensorial durante o armazenamento. As embalagens plásticas são amplamente usadas para sua conservação, porém apresentam desvantagem por ter baixa biodegradabilidade. Nesse contexto, os filmes comestíveis surgem como alternativa sustentável, podendo atuar como embalagens ativas que podem aumentar a estabilidade dos alimentos. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes tipos de embalagem (controle (sem embalagem), papel vegetal e com filme comestível de alho e cebola) sobre a estabilidade físico-química, microbiológica e a aceitação sensorial de hambúrgueres bovinos congelados ao longo de 120 dias de armazenamento. Foram realizadas as análises de composição centesimal e a análise microbiológica no tempo inicial, além da análise dos parâmetros físico-químicos (TBARS, cor, pH, perda por cocção (PPC), perda por encolhimento (PPE), força de cisalhamento e análise de perfil de textura), microbiológicos e sensoriais (aceitação global, intenção de compra e CATA — *Check-All-That-Apply*). Na caracterização inicial, todos os parâmetros físico-químicos atenderam os parâmetros da legislação vigente para hambúrguer bovino. Em relação às análises microbiológicas, as amostras apresentaram contagens abaixo dos limites legais, com redução de aeróbios psicotróficos ao longo do armazenamento. O filme de alho e cebola apresentou menor variação de cor e diferença cromática muito evidente (ΔE) em relação aos outros tratamentos, mantendo maior intensidade de vermelho e a coloração amarelada característica. O pH diminuiu gradualmente em todos os tratamentos. O filme de alho e cebola apresentou menores perdas por cocção (PPC) entre 30 e 120 dias. Quanto à perda por encolhimento (PPE), as diferenças foram observadas principalmente entre o início e os períodos finais de armazenamento para todos os tratamentos. Em relação à força de cisalhamento (FC), o tratamento com filme comestível à base de alho e cebola apresentou menores valores nos tempos de 60 e 90 dias de armazenamento, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Além disso, esse tratamento apresentou menores valores de dureza, coesão, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade ao longo do período analisado, em comparação com o controle e o

papel vegetal, indicando melhor maciez e textura do produto. Na análise de TBARS, observou-se uma tendência de aumento da oxidação lipídica com o tempo para todos os tratamentos. Na análise sensorial, as amostras do tratamento com filme de alho e cebola apresentaram boa aceitação global e intenção de compra, com atributos como “textura macia”, “textura succulenta” e “boa qualidade”. Esses resultados indicam que embalagens com filme ativo de alho e cebola podem prolongar a estabilidade e preservar a qualidade sensorial de hambúrgueres bovinos congelados, configurando-se como uma alternativa viável às embalagens convencionais.

Palavras-chave: hambúrgueres bovinos; embalagens ativas; alho e cebola; vida de prateleira.

ABSTRACT

Beef burgers are rich in protein and lipids, but are subject to oxidative reactions that, in advanced stages, can reduce nutritional value and compromise sensory quality during storage. Plastic packaging is widely used for their preservation, but has the disadvantage of low biodegradability. In this context, edible films emerge as a sustainable alternative, acting as active packaging that can increase food stability. This study aimed to evaluate the effects of different types of packaging (control (no packaging), parchment paper, and edible garlic and onion film) on the physicochemical and microbiological stability and sensory acceptance of frozen beef burgers over 120 days of storage. The centesimal composition and microbiological analyses were performed at the initial time point, in addition to the analysis of physicochemical parameters (TBARS, color, pH, cooking loss (CLL), shrinkage loss (SLL), shear force, and texture profile analysis), microbiological parameters, and sensory parameters (overall acceptance, purchase intention, and CATA — Check-All-That-Apply). In the initial characterization, all physicochemical parameters met the parameters of the current legislation for beef hamburgers. Regarding the microbiological analyses, the samples showed counts below the legal limits, with a reduction in psychrotrophic aerobes throughout storage. The garlic and onion film showed less color variation and a very evident chromatic difference (ΔE) compared to the other treatments, maintaining a higher intensity of red and the characteristic yellowish coloration. The pH gradually decreased in all treatments. The garlic and onion film showed lower cooking losses (CLL) between 30 and 120 days. Regarding shrinkage loss (SLL), differences were observed mainly between the beginning and end of storage periods for all treatments. In relation to shear force (SF), the treatment with edible film based on garlic and onion showed lower values at 60 and 90 days of storage, differing significantly from the other treatments. Furthermore, this treatment showed lower values for hardness, cohesion, elasticity, gumminess, and chewiness throughout the analyzed period, compared to the control and parchment paper, indicating better softness and texture of the product. In the TBARS analysis, a trend of increasing lipid oxidation over time was observed for all treatments; at 120 days, the parchment paper treatment showed higher values and differed significantly from the other treatments. In the sensory analysis, the samples from the garlic and onion film treatment showed good overall acceptance and purchase intention, with positive

attributes such as "soft texture," "juicy texture," and "good quality." These results indicate that packaging with an active garlic and onion film can extend the stability and preserve the sensory quality of frozen beef burgers, representing a viable alternative to conventional packaging.

Keywords: beef burgers; active packaging; garlic and onion; shelf life.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVO GERAL.....	19
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1. PRODUÇÃO DOS FILMES DE ALHO E CEBOLA.....	29
4.1.1. Produção das polpas de alho e cebola.....	29
4.1.2. Produção dos filmes em <i>casting</i> contínuo.....	30
4.2. PRODUÇÃO DOS HAMBÚRGUERES.....	32
4.3. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	33
4.4. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	33
4.5. ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA.....	34
4.5.1. Cor instrumental.....	34
4.5.2. pH.....	35
4.5.3. Perda Por Cocção (PPC).....	35
4.5.4. Perda Por Encolhimento (PPE).....	35
4.5.5. Força de Cisalhamento (FC).....	36
4.5.6. Análise de Perfil de Textura (TPA).....	38
4.5.7. TBARS.....	39
4.6. ANÁLISE SENSORIAL.....	39
4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
6. CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICE A - FICHA DE ACEITAÇÃO GLOBAL, INTENÇÃO DE COMPRA E CATA.....	86
APÊNDICE B - FICHA DO PERFIL DE CONSUMIDOR DE HAMBÚRGUERES BOVINOS.....	88
APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	89

1. INTRODUÇÃO

Segundo os dados do relatório de 2025 do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), o Brasil assumiu a posição de maior produtor mundial de carne, superando os Estados Unidos, a produção brasileira foi de 12,35 milhões de toneladas no ano de 2025, registrando um crescimento de 4,2% sobre o ano anterior (USDA, 2025).

A carne e os produtos cárneos são caracterizados por uma composição nutricional rica e diversificada, englobando proteínas de alto valor biológico, lipídios e minerais, os quais apresentam elevada suscetibilidade a diversos mecanismos de deterioração, como a oxidação lipídica e crescimento de microrganismos deteriorantes e patógenos (Amaral *et al.*, 2018; Giannoulis *et al.*, 2026). Os hambúrgueres de carne bovina estão entre os produtos cárneos congelados de maior comercialização e consumo entre diversas faixas socioeconômicas, em razão da praticidade no preparo e da boa aceitação sensorial (Hartmann *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a oxidação lipídica constitui um dos principais fatores limitantes da vida útil de produtos cárneos, como os hambúrgueres. Em estágios avançados, esse processo promove alterações indesejáveis na cor, a textura, o valor nutricional, o odor e o sabor dos produtos cárneos, atributos que constituem os principais determinantes da avaliação negativa da qualidade sensorial pelos consumidores (de Alencar *et al.*, 2022). Além disso, devido a elevada atividade de água ($>0,85$), pH levemente ácido (5,5-5,9) a carne se torna um alimento muito suscetível à deterioração microbiológica, o que pode resultar características sensoriais que impactam negativamente a escolha do consumidor (Mujović *et al.*, 2024).

Associado a isso, dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2014), evidenciou que cerca de um terço de todos os alimentos produzidos globalmente são perdidos ou desperdiçados anualmente, o que acarreta uma perda econômica estimada em aproximadamente US\$7,5 trilhões por ano (Bartocci *et al.*, 2020).

A perda diz respeito aos alimentos que se tornam inadequados para o consumo nas etapas iniciais da cadeia produtiva, como a colheita, o abate e o processamento. Por sua vez, o desperdício ocorre nas fases finais da cadeia, abrangendo desde a comercialização até o consumidor final. Além de desperdiçar recursos naturais como água, energia e terra, há a contribuição de emissões de gases de efeito de estufa (GEE), que estão associadas à produção de alimentos, como a carne bovina (Guimarães *et al.*, 2024). Sendo assim, o prolongamento da vida útil dos produtos é uma maneira de compensar o uso intensivo dos recursos naturais, garantindo que mantenham sua qualidade durante a comercialização e evitando perdas e desperdícios.

Em razão disso, a seleção adequada da embalagem para os produtos alimentícios é de grande importância, pois exerce funções fundamentais na inibição do crescimento microbiano, redução nas taxas de oxidação, amenização de atributos sensoriais indesejáveis e na preservação da integridade nutricional do alimento (Topuz; Uyar, 2020).

A partir disso, as embalagens plásticas flexíveis configuram-se como as mais empregadas na conservação e comercialização de produtos cárneos frescos e curados, em razão de suas propriedades de barreira, transparência e conformabilidade. E suas características, como a leveza, baixo custo de produção e facilidade de processamento, favorecem sua ampla utilização e comercialização (Atanasova *et al.*, 2021). Embora tenham sido desenvolvidos para apresentar alta resistência e durabilidade, muitos dos plásticos mais robustos são empregados em aplicações de curto prazo, sendo que aproximadamente 40% a 45% destinam-se à fabricação de embalagens descartáveis para alimentos (Gates; Crook, 2024).

Os materiais poliméricos comumente utilizados na sua composição incluem o polietileno tereftalato (PET), os polietilenos de alta densidade (PEAD), o cloreto de polivinila (PVC), o cloreto de polivinilideno (PVDC) e as resinas de alta nitrila, que conferem resistência mecânica e estabilidade ao produto durante o armazenamento (De Mori *et al.*, 2024). Por serem materiais não biodegradáveis, os plásticos contribuem significativamente para a poluição ambiental, constituindo um dos principais desafios ecológicos da atualidade. Visto que, os plásticos são polímeros orgânicos de elevado peso molecular, produzidos a partir de materiais não renováveis, como o petróleo.

A partir disso, os filmes comestíveis com propriedades bioativas surgem como uma alternativa tecnológica, pois além de exercer uma função protetora e ser uma opção biodegradável, os filmes comestíveis podem desempenhar papel bioativo ao veicular compostos de interesse para a saúde humana. As plantas e hortaliças apresentam uma ampla variedade de biomoléculas bioativas com propriedades biológicas significativas, incluindo atividades antioxidantes, antimicrobianas, entre outras (Oliveira Filho; Egea, 2022).

Os filmes comestíveis são camadas finas e autossustentáveis, formadas por biomacromoléculas comestíveis, principalmente polissacarídeos (alginato, amido, celulose, quitina, etc.) ou proteínas, adicionados plastificantes, como açúcares ou polióis, a fim de melhorar a flexibilidade mecânica e reduzir a fragilidade estrutural, preservando suas propriedades de barreira (Viana *et al.*, 2018). E as embalagens ativas configuram-se como uma das mais relevantes inovações tecnológicas na área de ciência dos alimentos, particularmente no que se refere ao aumento da segurança microbiológica e à extensão da vida útil de produtos cárneos processados, como hambúrgueres.

Considerando a presença de compostos bioativos tanto no alho quanto na cebola, os quais se destacam entre as hortaliças mais utilizadas na culinária e na medicina tradicional. É possível destacar os flavonoides e compostos fenólicos, especialmente a quercetina presente na cebola (*Allium cepa* L.), entre seus principais compostos bioativos, a qual apresenta elevada atividade antioxidante e antimicrobiana, além de exercer efeito protetor contra a oxidação do colesterol LDL (Deepika; Maurya, 2022). No alho (*Allium sativum* L.), a alicina é o principal composto bioativo, sendo reconhecida por suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas (Talib *et al.*, 2024).

A quercetina, um flavonoide abundante em plantas e seus subprodutos, é encontrada em frutas como uvas, maçãs, frutas vermelhas e cítricas, bem como em vegetais como cebola e brócolis. Este composto bioativo está associado a efeitos biológicos relevantes, incluindo prevenção da inflamação e hipertensão arterial, proteção anticancerígena e mitigação do estresse oxidativo celular (Bhargava *et al.*, 2020).

A incorporação de quercetina em filmes de quitosana pode intensificar a capacidade de eliminação de radicais livres, reforçando sua ação antioxidante, podendo reduzir a deterioração microbiana, preservar a cor e prolongar a vida útil da carne vermelha além de influenciar nas propriedades morfológicas e mecânicas do material de embalagem (Souza *et al.*, 2015; Sutharsan *et al.*, 2023). Dessa forma, a incorporação do alho e cebola em filmes comestíveis pode conferir propriedades antioxidantes e antimicrobianas ao material, contribuindo para a preservação da qualidade e da segurança dos alimentos.

Considerando a presença de compostos bioativos, como a quercetina e a alicina, tanto no bulbo quanto na casca da cebola e do alho, hipotetiza-se que filmes comestíveis formulados com extratos integrais dessas hortaliças apresentem potencial para melhorar a estabilidade oxidativa e microbiológica de produtos cárneos processados, como hambúrgueres. Além dos benefícios tecnológicos, o aproveitamento integral das matérias-primas representa uma alternativa inovadora, alinhada aos princípios da sustentabilidade e da economia circular, por reduzir o desperdício, agregar valor às hortaliças e simplificar o processo de obtenção dos extratos. Além disso, a avaliação integrada dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais permite uma análise abrangente dos efeitos do filme sobre a qualidade e a aceitação do produto ao longo do armazenamento.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos de diferentes tipos de embalagem (controle, papel vegetal e filme comestível de polpa de alho e cebola (FAC)) em hambúrgueres bovinos congelados sobre a estabilidade físico-química, microbiológica e a análise sensorial ao longo de 120 dias de armazenamento.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a composição centesimal e a qualidade microbiológica inicial de hambúrgueres bovinos, verificando sua conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação vigente;
- b) Avaliar o efeito do uso de diferentes tipos de embalagens (controle, papel vegetal e FAC) na qualidade físico-química e microbiológica de hambúrgueres bovinos armazenados congelados por 120 dias;
- c) Avaliar a aceitação sensorial, a intenção de compra e os atributos sensoriais dos hambúrgueres bovinos em diferentes tipos de embalagens armazenados congelados por 120 dias, utilizando testes afetivos e o método CATA (*Check-All-That-Apply*), assim como caracterizar o perfil dos consumidores.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Hambúrgueres bovinos

Em 2024, o Brasil registrou o abate de 39,27 milhões de cabeças de bovinos, o que representa um incremento de 15,2 % em relação a 2023, resultando também na produção de 10,2 milhões de toneladas de carne bovina em peso de carcaça, considerando um crescimento anual de 14,2 %, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025).

A carne bovina é uma importante fonte de proteínas de alto valor biológico, contendo um perfil de aminoácidos essenciais ao metabolismo humano. É rica em micronutrientes como ferro, selênio, zinco, cobre, manganês e vitaminas do complexo B (como B2, B6 e B12), que são fundamentais para atender às necessidades alimentares ao longo de todos os ciclos de vida (do Nascimento *et al.*, 2024). A inclusão de carne e outros produtos cárneos em uma dieta balanceada assegura uma ingestão nutricional adequada, prevenindo deficiências de nutrientes e contribuindo para a manutenção da saúde humana (Hawley *et al.*, 2022).

Entre os produtos cárneos, os hambúrgueres se destacam como um dos mais consumidos globalmente (Antonini *et al.*, 2020). Segundo a Conab, a produção de carne bovina deve atingir cerca de 10,52 milhões de toneladas em 2025, com uma disponibilidade interna de 6,58 milhões de toneladas, sendo parte destinada à produção de produtos cárneos como os hambúrgueres (Brasil, 2025).

De acordo com o relatório *Power of Meat* divulgado pelo Food Marketing Institute (FMI), o qual apresenta dados sobre tendências de consumo de carnes no varejo alimentar, as carnes moídas representaram um total de 22,8 bilhões de libras vendidas no setor de carnes do varejo, um volume superior aos anos de 2021, 2022 e 2023. Além disso, a carne bovina moída representou 85% das vendas de carne moída, totalizando US\$ 15 bilhões, um aumento de 9,6% em relação ao ano anterior. O relatório também evidenciou aumentos expressivos no setor de carnes congeladas, com US\$ 14 bilhões em vendas, representando um aumento de 6% em relação ao ano de 2023 (Food Marketing Institute, 2025).

Os hambúrgueres são produzidos a partir do processamento de carne bovina, sendo alimentos práticos, sensorialmente atrativos e de baixo custo, além de

oferecerem uma importante fonte de proteínas, gorduras, minerais e vitaminas (Quevedo *et al.*, 2018). A presença de gordura animal é um fator relevante para a melhoria de suas propriedades tecnológicas e sensoriais (Badar *et al.*, 2024) .

Segundo a Portaria nº724/2022 (Brasil, 2022), o hambúrguer é definido como um “produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado na forma de disco ou na forma oval, e submetido a processo tecnológico adequado”. Nessa mesma Portaria fica definido que é permitido a adição máxima de 30% de carnes mecanicamente separadas (CMS) (em hambúrgueres cozidos), adição máxima de 4% de proteínas não cárneas, máximo de 25% de gordura, 3% de carboidratos totais e 20% de colágeno em relação a quantidade de proteína total, e mínimo de 15% de proteína. É opcional a adição de aditivos alimentares e coadjuvantes, água, condimentos, aromas e especiarias, gordura animal, gordura vegetal, maltodextrina, mono e dissacarídeos, proteínas de origem animal e de origem vegetal, sal (cloreto de sódio), sais hipossódicos (Brasil, 2022).

Além disso, de acordo com a SDA nº 664/2022, durante o processamento (Figura 1), a carne destinada à produção de hambúrgueres deve ser mantida entre 0 °C e 4 °C até a etapa de moagem, e após o processo de moagem, a temperatura não deve ultrapassar 7 °C. Em seguida, o produto deve ser imediatamente resfriado ou submetido ao congelamento rápido, embalado em materiais adequados às condições de armazenamento, que garantam proteção apropriada, e mantido congelado a temperatura máxima de -12 °C (Brasil, 2022).

Figura 1 - Fluxograma da produção de hambúrgueres

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Devido ao processo de moagem da carne, o qual resulta a ruptura da estrutura muscular, para a moldagem dos hambúrgueres, há a formação de um ambiente propício para a deterioração microbiana e oxidação lipídica, os quais podem interferir na qualidade e segurança alimentar (Roila *et al.*, 2022). Além disso, o armazenamento prolongado do produto congelado pode resultar em uma diminuição progressiva dos parâmetros de qualidade, como a cor e a textura (Oliveira *et al.*, 2012). Segundo Ramanathan *et al.* (2022) a indústria de carne bovina dos EUA perde cerca de US\$ 3,73 bilhões anualmente devido à descoloração da carne bovina, sendo o total de descartes anualmente nos EUA correspondente a 194,70 milhões de kg, representando o desperdício de 780.000 animais e dos recursos naturais associados à sua produção.

Assim, o uso de embalagens com materiais adequados se torna indispensável para atender às demandas do mercado e preservar os produtos cárneos visando prevenir o crescimento de bactérias, reduzir os processos oxidativos e manter a integridade nutricional do alimento (Topuz; Uyar, 2020).

Embalagens para carne bovina e derivados

As embalagens plásticas exercem papel fundamental na indústria alimentícia, atuando principalmente como barreira protetora para produtos cárneos. Esses sistemas de embalagem protegem a carne contra a contaminação por patógenos, exposição ao oxigênio e à umidade, desempenhando função essencial no controle de processos de deterioração. Dessa forma, contribuem para a manutenção da qualidade, da segurança e da vida útil dos produtos cárneos (Heras *et al.*, 2024).

Entretanto, o uso de plásticos na indústria alimentícia é amplamente controverso, em virtude de sua origem fóssil e de sua baixa biodegradabilidade. Em 2018, aproximadamente 250 milhões de toneladas de resíduos plásticos foram geradas em nível global, das quais cerca de 70% foram coletadas e destinadas a aterros sanitários, sistemas de reciclagem ou unidades de recuperação de energia, enquanto os cerca de 30% restantes foram descartados de forma inadequada no meio ambiente (Liwarska-Bizukojc, 2021).

A partir disso, a economia circular, que é um sistema baseado em redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais, com o objetivo de manter os

recursos em uso pelo maior tempo possível (Geissdoerfer *et al.*, 2017), torna-se uma via importante para contribuir com a sustentabilidade do meio ambiente. As embalagens, principalmente as plásticas, são um dos principais focos da economia circular devido à sua alta taxa de descarte e baixa taxa de reciclagem. Estima-se que menos de 15% dos plásticos utilizados em embalagens alimentícias são efetivamente reciclados no Brasil (ABIPLAST, 2023), tornando necessária a implementação de sistemas circulares para a gestão desses materiais.

Além disso, materiais plásticos são passíveis da liberação de compostos químicos como ftalatos e bisfenol A (BPA), que são compostos potencialmente tóxicos e endócrino-disruptores, que podem causar anormalidades no desenvolvimento, desordens na reprodução e atrasos no neurodesenvolvimento (Tanzer *et al.*, 2025).

Os hambúrgueres bovinos congelados são comumente comercializados em embalagens primárias de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), devido a flexibilidade, resistência ao impacto e baixa densidade e acondicionados em uma embalagem secundária de papel cartão triplex com laminação interna e externa.

Com isso, os filmes comestíveis e as embalagens ativas surgem como uma alternativa tecnológica às embalagens convencionais, pois representam uma inovação na ciência dos alimentos no que se refere à segurança e ao prolongamento da vida útil de carnes e produtos cárneos, uma vez que, além de atuarem como barreiras físicas, são capazes de interagir com o alimento embalado, com o objetivo de limitar ou prevenir processos de oxidação lipídica (Domínguez *et al.*, 2018). Estudos mostraram que a aplicação de embalagens ativas pode contribuir para o aumento da vida útil de hambúrgueres bovinos (Angioletti *et al.*, 2024; Santos *et al.*, 2022; Kim *et al.*, 2020). Porém, embora esses materiais agreguem benefícios em relação à estabilidade dos alimentos, os filmes comestíveis, que podem ser embalagens ativas, não são capazes de substituir completamente os plásticos convencionais de origem fóssil, devido às propriedades de tração e barreira limitadas (Azeredo *et al.*, 2022).

Filmes comestíveis

Os filmes comestíveis são uma alternativa às embalagens tradicionais de alimentos à base de petróleo e podem ser formulados com biopolímeros, como polissacarídeos (celulose, pectina, quitosana, amido, alginato), que atuam formando uma estrutura base de uma matriz polimérica sólida, proteínas (caseína, colágeno), que auxiliam o controle de transferência de gases, lipídios (ceras, parafinas, glicerídeo), que auxiliam a prevenção do ressecamento e desidratação do filme comestível, proporcionando flexibilidade. e aditivos alimentares, como antioxidantes e antimicrobianos, que atuam como estabilizantes e protetores para os alimentos (Díaz-Montes; Castro-Muñoz, 2021).

Os filmes comestíveis podem ser classificados como uma embalagem primária, havendo o contato direto com o produto, apresentando a necessidade do uso de uma embalagem secundária, para que haja a proteção do alimento contra o meio externo (Soares *et al.*, 2021). Os filmes são materiais distintos dos revestimentos, pois eles são feitos separadamente, enquanto os revestimentos são aplicados diretamente na superfície do alimento (Otoni *et al.*, 2017). Os filmes comestíveis podem exercer a função de uma embalagem ativa, que tem como objetivo realizar interações desejáveis para manter ou aumentar a estabilidade do alimento (Ozdemir; Floros, 2004).

No Brasil, há uma regulamentação, definida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde, a qual estabelece critérios gerais de segurança sanitária que são aplicáveis para embalagens e equipamentos que entram em contato direto com alimentos, conforme o Art. 1º da resolução (RDC nº91/2001). Porém, essa regulamentação não se aplica diretamente aos filmes comestíveis, pois os filmes se tornam parte integrante dos alimentos, sendo possível consumi-los juntamente com o produto, com isso, eles devem atender às regulamentações que são referentes a aditivos alimentares e ingredientes autorizados (RDC nº240/2018 e RDC nº27/2010) (Brasil, 2018; Brasil, 2010).

A biodegradabilidade é uma das principais vantagens dos filmes comestíveis e, além de contribuírem para o prolongamento da vida de prateleira dos alimentos e para a redução de reações oxidativas, podem apresentar propriedades mecânicas semelhantes às das embalagens de origem fóssil. Assim, os filmes comestíveis

constituem uma alternativa viável para a substituição parcial de materiais não biodegradáveis, contribuindo para a redução dos impactos ambientais decorrentes do uso intensivo de plásticos sintéticos. (dos Santos *et al.*, 2020).

Hortaliças e Compostos Bioativos

A cebola (*Allium cepa* L.) faz parte da família das Aliaceas e é considerada uma das hortalças mais importantes, com uma produção global de 586 mil de toneladas no ano de 2023 (FAO, 2025). Além disso, as cebolas são amplamente estudadas devido a sua riqueza em antioxidantes como os flavonoides, principalmente a quercetina (Deepika; Maurya, 2022). Sendo alvo de grande interesse para questões relacionadas à saúde humana, pois a quercetina têm surtido um efeito benéfico em alergias, asma, artrite, câncer, complicações diabéticas, gota, distúrbios neurodegenerativos e osteoporose (Ren *et al.*, 2017). E devido a suas propriedades antioxidantes, a cebola também pode contribuir para aumentar a vida de prateleira de produtos alimentícios (Roldán *et al.*, 2008).

Os filmes comestíveis podem ser atrativos sensorialmente através dos seus componentes, como alho e cebola, que, além de proporcionarem boas propriedades sensoriais, são capazes de contribuir para as propriedades mecânicas do material, já que eles contêm açúcares plastificantes e macromoléculas formadoras de filme (Azeredo *et al.*, 2022).

Tendo em vista a presença de antioxidantes (quercetina) na cebola (*Allium cepa* L.) (Deepika; Maurya, 2022) e compostos antioxidantes e antimicrobianos no alho (alicina) (*Allium sativum* L.) (Talib *et al.*, 2024), a preparação de filmes comestíveis com estes produtos pode proporcionar a vantagem de ter atividades antimicrobianas e antioxidantes. Além disso, o processo pode contribuir para elevar o rendimento e torná-lo mais sustentável sob a perspectiva do aproveitamento total do produto.

Na literatura, diversos estudos relatam a aplicação de filmes e revestimentos comestíveis incorporados com compostos naturais em produtos cárneos, sendo frequente a utilização de extratos vegetais como fonte de compostos bioativos. Kim *et al.* (2020) avaliaram filmes de yuba contendo óleo essencial de orégano, extrato

de semente de toranja e a combinação de ambos, aplicados em hambúrgueres de carne bovina, com o objetivo de melhorar a estabilidade microbiológica e oxidativa e prolongar a vida útil do produto. De forma semelhante, Santos *et al.* (2022) desenvolveram um filme comestível à base de gelatina incorporado com extrato de bagaço de acerola, demonstrando potencial na conservação de hambúrgueres bovinos. Além disso, Barbosa *et al.* (2022) investigaram a aplicação de um filme ativo de gelatina e amido contendo extratos de ameixa-de-java e orégano para controlar a estabilidade oxidativa de hambúrgueres de cordeiro. No estudo de Soares *et al.* (2021), filmes comestíveis foram produzidos pela incorporação de extrato de cebola em uma solução filmogênica, sendo posteriormente aplicados em hambúrgueres bovinos com o objetivo de melhorar a qualidade físico-química, propriedades sensoriais e prolongar a vida útil do produto. Assim como em outros estudos da literatura, o composto bioativo foi utilizado na forma de extrato. Em contraste, o presente estudo propõe o aproveitamento integral dos vegetais na formulação dos filmes comestíveis, utilizando diretamente os ingredientes em sua forma natural, incluindo a incorporação de polpa de alho, eliminando a etapa de extração. Além disso, essa estratégia pode contribuir para a preservação de compostos bioativos naturalmente presentes na matriz vegetal, potencializando o efeito funcional dos filmes. Apesar dos resultados promissores, essas abordagens baseiam-se predominantemente na incorporação de extratos previamente obtidos, o que demanda etapas adicionais de processamento e pode gerar resíduos não aproveitados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. PRODUÇÃO DOS FILMES DE ALHO E CEBOLA

4.1.1. PRODUÇÃO DAS POLPAS DE ALHO E CEBOLA

As polpas de alho e cebola foram produzidas usando os bulbos integralmente (com casca). Foram usados 1kg de alho (*Allium sativum* L.) e 5kg de cebola (*Allium cepa* L.). As matérias-primas utilizadas neste estudo foram adquiridas no varejo local de São Carlos, SP. Primeiramente os bulbos de alho e cebola foram lavados em água corrente para remover as impurezas e, posteriormente, os alhos foram cortados ao meio em sentido longitudinal e as cebolas foram cortadas em sentido longitudinal e transversal, resultando em quatro partes (Figura 2). Para a produção das polpas foi adicionado água destilada nos bulbos de aliáceas na proporção de 1:1, sendo submetidos ao tratamento térmico em autoclave vertical (AV 50 Phoenix Equipamentos Científicos) a 121°C em 1,3 kgf/cm³ por 30 min (Figura 3), de acordo com a metodologia descrita por Alves Mauricio *et al* (2026).

Após o tratamento térmico, as polpas foram retiradas da autoclave e foram resfriadas em temperatura ambiente, posteriormente, cada polpa foi triturada em liquidificador industrial (Spol, modelo SPL-062 com rotação de 18000 rpm e capacidade de 1,5 litros) por 3 min (Figura 4). As polpas foram acondicionadas em recipientes plásticos e congeladas em freezer a -18 °C.

Figura 2 - Cebola e alho utilizados para a produção das polpas



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 3 - Alho e cebola após tratamento térmico



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 4 - Polpa após o processo de trituração no liquidificador



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4.1.2. PRODUÇÃO DOS FILMES EM CASTING CONTÍNUO

Para a produção dos filmes, na Embrapa Instrumentação em São Carlos/SP, foi utilizada a proporção de 4:1 de polpa de cebola e alho, respectivamente. Na solução, também foi adicionado 10g de carboximetilcelulose (CMC), posteriormente, realizando-se a homogeneização no Ultra Turrax por 3 min a 10000 rpm, a solução foi filtrada a vácuo no frasco de Kitassato em média por 30 min, segundo a metodologia descrita por Alves Mauricio *et al* (2026). O FAC foi produzido no equipamento Mathis (equipamento KTF-S-B piloto para revestimento de filmes) em *casting* contínuo (Figura 5), sendo a solução vertida em uma régua niveladora uniformizando a espessura do filme (1,6mm), em seguida, realizada a secagem por infravermelho e duas estufas com exaustores a 110 °C e 120 °C, respectivamente (Figura 6). Após a secagem completa, os filmes foram mantidos em câmara climática a 25 °C e umidade relativa (UR) de 50% até o momento da aplicação nos hambúrgueres bovinos.

Figura 5 - Equipamento Mathis



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 6 - Filme comestível de alho e cebola



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4.2. PRODUÇÃO DOS HAMBÚRGUERES

Os hambúrgueres foram processados com carne bovina, combinando dois cortes bovinos: patinho (*Vastus intermedius*, *Vastus lateralis*, *Vastus medialis* e *Rectus femoris*) e ponta de peito (*Pectoralis profundus*), na proporção de 61,5% e 38,5% respectivamente, adicionados de 0,7% de sal e 3% de água. As carnes foram pesadas separadamente e foram moídas em moedor (CAF - modelo 106), em disco de 8 mm e 5 mm para os cortes patinho e ponta de peito, respectivamente. Em seguida as carnes foram moídas novamente em disco de 12 mm para homogeneização das amostras. Os hambúrgueres foram elaborados no moldador (Hollymatic modelo Super model 54) com molde de 60 g na temperatura de -1,6 a -2 °C. Posteriormente, os hambúrgueres foram separados em três tratamentos, sendo: controle, hambúrgueres revestidos com papel vegetal e hambúrgueres revestidos com FAC (Figura 7). As amostras foram embaladas individualmente, sendo que as embalagens de FAC e o papel foram colocadas na parte superior e inferior dos hambúrgueres.

Figura 7 - Hambúrgueres divididos nos tratamentos: controle, papel vegetal e FAC, respectivamente



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Em seguida as amostras foram congeladas no ultracongelador (NRB modelo UCN 120) a temperatura de -40 °C por tempo médio de 30 min e permaneceram

armazenadas em *freezer* horizontal (Consul 530 L) com temperatura média controlada de -18 °C até o momento das análises.

As amostras foram armazenadas durante 4 meses em *freezer* horizontal (Consul 530 L). Os hambúrgueres de todos os tratamentos foram acondicionados em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade (PEBD), sendo seladas e utilizadas apenas para agrupar e identificar as amostras de acordo com os tempos de armazenamento e as análises realizadas, evitando sua dispersão nas caixas de papelão. Além disso, diferentemente das embalagens de papel vegetal e do FAC, as embalagens de PEBD não permaneceram em contato direto com a superfície dos hambúrgueres.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

A caracterização das amostras foi realizada no tempo inicial, por meio da determinação do teor de cinzas (MAPA, 2022), colágeno (MAPA, 2017; AOAC, 2012a), gorduras totais (AOAC, 2012b), proteínas (AOAC, 2012c) e umidade (AOAC, 2012d).

4.4. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Foram realizadas as análises microbiológicas de contagem de aeróbios mesófilos (Ryser *et al.*, 2015), aeróbios psicotróficos (Vasavada *et al.*, 2015), *Escherichia coli* (IOS, 2001), *Estafilococos coagulase* positiva (Bennett *et al.*, 2015) e *Salmonella spp.* (IOS, 2017), no tempo inicial. Já nos tempos 60 e 120 dias foram analisadas apenas a contagem de aeróbios psicotróficos.

4.5. ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA

As análises físico-químicas foram realizadas a cada 30 dias durante os 4 meses de experimento. O cozimento dos hambúrgueres bovinos foi realizado em forno combinado (Tedesco, TC-06, Caxias do Sul, RS, Brasil) a 180 °C por 13 min,

posteriormente as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente para a realização das análises.

4.5.1. COR INSTRUMENTAL

A cor instrumental foi realizada utilizando um colorímetro portátil (Konica Minolta CM-25d) operando no sistema CIELab. Os valores de cor foram registrados para os parâmetros L^* - luminosidade (0 = preto; 100 = branco), a^* - coordenada vermelho/verde (+a = vermelho e -a = verde), e b^* - coordenada amarelo/azul (+b = amarelo e -b = azul), C^* (chroma) e o h (ângulo de matiz). Foram utilizados cinco hambúrgueres para cada tratamento, sendo que os valores foram determinados em três pontos de cada amostra do hambúrguer *in natura* e sem as embalagens.

A refletância da superfície das amostras foi medida nos comprimentos de onda de 474, 525, 572 e 730 nm. Os valores de refletância (R) foram convertidos em atenuação de refletância (A), utilizando a equação (1). A partir desses valores, as porcentagens de metamioglobina (%MMb), deoximioglobina (%DMb) e oximioglobina (%OMb) foram calculadas por meio das equações (2), (3) e (4) propostas pela American Meat Science Association (2012).

$$A = \log \left(\frac{1}{R} \right) \quad (1)$$

R = reflectância específica de cada comprimento de onda expressa em decimal; A = atenuação de reflectância

$$\% MMb = \left[1.395 - \left(\frac{A_{572} - A_{730}}{A_{525} - A_{730}} \right) \right] \times 100 \quad (2)$$

$$\% DMb = \left\{ 2.375 \times \left[1 - \left(\frac{A_{473} - A_{730}}{A_{525} - A_{730}} \right) \right] \right\} \times 100 \quad (3)$$

$$\% OMb = 100 - (\% MMb + \% DMb) \quad (4)$$

Foi realizado o cálculo de ΔE (delta E) (5), (Salueña *et al.*, 2019), que é uma medida da diferença de cor entre dois pontos no espaço de cor CIELab, usando os

parâmetros L^* (luminosidade), variando do preto absoluto ao branco absoluto, a^* (coordenada vermelho/verde), o qual varia do vermelho ao verde e b^* (coordenada amarelo/azul), o qual varia do amarelo ao azul, para determinar se havia diferença de cor visível entre os tratamentos durante o tempo de armazenamento de 120 dias.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad (5)$$

L^* : luminosidade; a^* : coordenada vermelho/verde; b^* : coordenada amarelo/azul

4.5.2. pH

O pH foi determinado usando um peagâmetro (Testo AG, model 230, Lenzkirch, Germany), provido de um sensor para medição de temperatura e um eletrodo de penetração de vidro para a leitura do pH. A sonda de pH foi calibrada usando tampões 4,0 e 7,0 antes do uso. Foram utilizados cinco hambúrgueres de cada tratamento, as medições foram realizadas três vezes em cada amostra e, posteriormente, foram calculadas as médias.

4.5.3. PERDA POR COCÇÃO (PPC)

Os hambúrgueres foram pesados em uma balança analítica antes e após a cocção. Foram utilizados cinco hambúrgueres de cada tratamento. O valor de PPC de cada amostra foi calculado de acordo com a fórmula (6):

$$PPC(\%) = (\text{peso inicial} - \text{peso final} / \text{peso inicial}) \times 100 \quad (6)$$

4.5.4. PERDA POR ENCOLHIMENTO (PPE)

Foi utilizado um paquímetro para realizar as medições de diâmetro, um palito foi inserido para sinalizar os sentidos. Foram realizadas duas medições de diâmetro em cada amostra (horizontal e vertical) no hambúrguer *in natura* e após a cocção. Foram utilizados cinco hambúrgueres de cada tratamento. O valor de PPE de cada amostra foi calculado de acordo com a fórmula (7):

$$PPE(\%) = (Diâmetro\ inicial - Diâmetro\ final / Diâmetro\ inicial) \times 100 \quad (7)$$

4.5.5. FORÇA DE CISALHAMENTO (FC)

As amostras foram cortadas em quatro quadrados medindo 2,5 cm de lado, retiradas do centro dos hambúrgueres e utilizadas para medir a força de cisalhamento (kgf). O Texturômetro (Stable Micro Systems modelo TA.XT plus) foi utilizado para medir a força utilizada para romper o hambúrguer em duas partes, utilizando a probe guilhotina (Blase Set, HDP/BS) (Figuras 8 e 9). Os parâmetros utilizados foram a velocidade do corte de 3,33 mm/seg, velocidade do pós corte de 40,00 mm/seg e distância de 40,00 mm. Foram utilizados cinco hambúrgueres de cada tratamento e as medições foram feitas em duplicata.

Figura 8 - Texturômetro com a probe guilhotina



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 9 - Texturômetro com a probe guilhotina

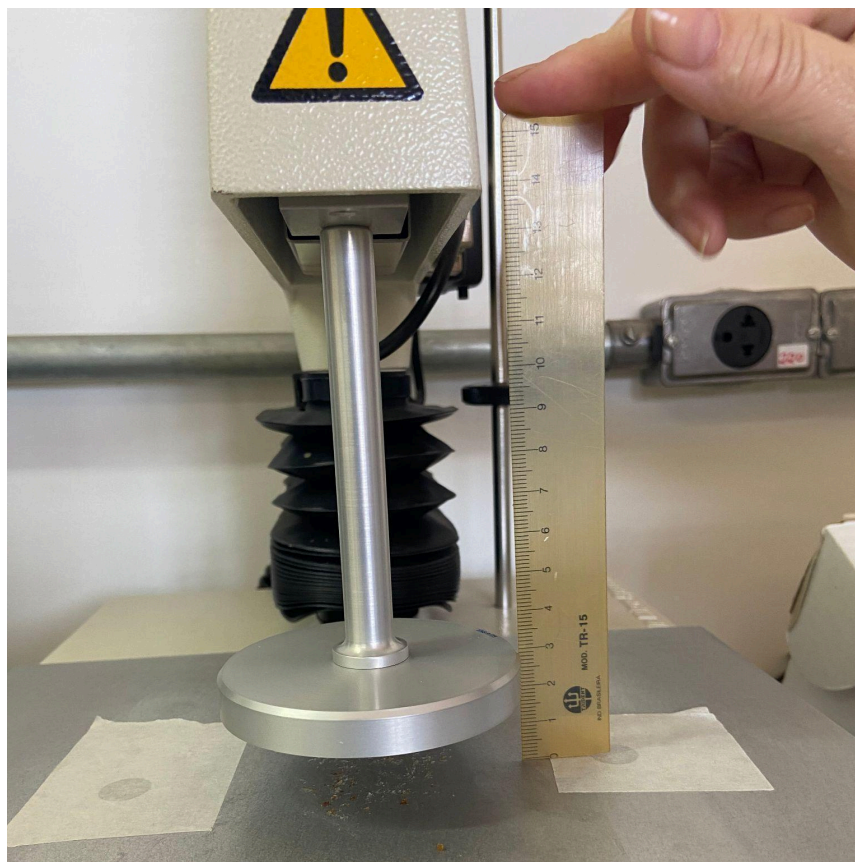


Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4.5.6. ANÁLISE DE PERFIL DE TEXTURA (TPA)

Foi utilizado o Texturômetro (Stable Micro Systems modelo TA.XT plus) com a taxa de compressão dupla de 6,67 mm/s, utilizando a probe de compressão (75mm Compression Platen) (Figura 10). O equipamento mediu a dureza, sendo a força máxima para comprimir o produto, coesão, a qual a amostra pode se deformar após a ruptura, elasticidade, sendo a capacidade que o produto tende a recuperar sua forma original após a retirada da força, gomosidade, a qual se relaciona com a força necessária para desintegrar uma amostra semissólida (dureza x coesão) e mastigabilidade, que é o trabalho necessário para mastigar a amostra ao deglutir, conforme Bourne (1978). Foram utilizados cinco hambúrgueres de cada tratamento e as medições de cada tratamento foram feitas em duplicata.

Figura 10 - Texturômetro com a probe de compressão



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4.5.7. Análise de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico - TBARS

Para determinação das Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), dois gramas e meio amostra de hambúrguer, cortados em cubos, foram homogeneizadas em 7,5 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 7,5% usando um Ultra Turrax por 30 s a 4000 rpm e filtradas com papel de filtro qualitativo. Uma alíquota de 3 mL do filtrado foi misturada com 3 mL de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) e incubada a 100 °C em banho-maria por 40 min, segundo Witte *et al.* (1970). Foi feita a curva padrão e a absorbância foi medida a 532 nm em temperatura ambiente. Os resultados foram calculados a partir da curva padrão de 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) e expressos como mg de malonaldeído (MDA)/kg de hambúrguer (mg MDA/kg). As análises foram realizadas de acordo com a metodologia segundo descrita por Vyncke (1970) e Vyncke (1975), modificada por Sørensen e Jørgensen

(1996). Foram utilizados três hambúrgueres de cada tratamento e as análises foram realizadas em triplicata.

4.6. ANÁLISE SENSORIAL

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UNICEP, sob o número do parecer CAEE: 69507523.4.0000.5380.

Para análise sensorial de aceitação global foi utilizada uma escala hedônica de 9 pontos, onde 1 = “desgostei extremamente” e 9 = “gostei extremamente”, e para a intenção de compra foi utilizada uma escala de 5 pontos, onde 1 = “certamente não compraria” e 5 = “certamente compraria”

Para o teste CATA (*Check-All-That-Apply*) os atributos dos hambúrgueres foram levantados por meio de literatura (Neville *et al.*, 2017; Grasso *et al.*, 2019; da Conceição Jorge *et al.*, 2015) (Tabela 1) . A ficha contendo as escalas de aceitação global, intenção de compra e atributos CATA utilizados está apresentada no Apêndice A. Na Tabela 1 estão apresentados os atributos CATA utilizados no teste.

Tabela 1 - Atributos utilizados para o teste CATA (*Check-All-That-Apply*)

Atributos	
Aparência	Cor marrom claro
	Cor marrom escuro
	Queimado
	Mal passado
	Bem passado
	Cor rosa
	Cor cinza
	Crosta
Aroma	Cebola
	Alho
	Queimado
	Característico de carne bovina
	Estranho
	Gordura
	Ranço

	Sangue
	Salgado
	Churrasco
	Cebola
	Alho
	Insosso
	Gorduroso
	Rançoso
	Oxidado
Sabor	Artificial
	Amanteigado
	Condimentado
	Carne crua
	Estranho
	Ácido
	Característico de carne bovina
	Metálico
	Macio
	Borrachento
	Homogêneo
Textura	Suculento
	Seco
	Granuloso
	Fibroso
	Firme
	Sensação de saciedade
	Boa qualidade
Outros	Baixa qualidade
	Barato
	Saudável
	Caro

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Considerando todos os tempos de avaliação, obteve-se uma média de 101 provadores. As amostras foram apresentadas de forma monádica, codificadas com

números aleatórios de três dígitos e acompanhadas de pão para remoção de sabor residual e água para lavagem do palato (Figura 11).

O perfil dos consumidores de hambúrgueres bovinos foi avaliado, considerando variáveis sociodemográficas e hábitos de consumo. Foram coletadas informações referentes ao sexo, idade, nível de escolaridade e faixa de renda dos participantes, bem como a frequência de consumo de hambúrgueres, o modo de consumo e os locais onde o produto é habitualmente consumido. Adicionalmente, foi questionado os principais motivos que levam os consumidores a optar pelo consumo de hambúrgueres bovinos, assim como a preocupação em relação à presença de aditivos na composição do produto (Apêndice B).

Os testes sensoriais foram realizados em cabines individuais, sob condições de temperatura e iluminação controladas no Laboratório da Embrapa Pecuária Sudeste e na Embrapa Instrumentação com os colaboradores locais, que fossem consumidores de hambúrgueres bovinos, tivessem entre 18 e 65 anos, não apresentassem problemas de saúde (alergias, restrições alimentares, etc.) que pudessem ser agravados pelo consumo de carne bovina e de aliáceas que foram utilizados no filme ativo, tivessem disponibilidade e livre e espontânea vontade de participar do painel sensorial de provadores não treinados.

Os hambúrgueres foram submetidos ao processo de cocção em duas unidades distintas. Na Embrapa Pecuária Sudeste, as amostras foram assadas em forno combinado (Tedesco, Caxias do Sul, RS, Brasil), previamente pré-aquecido por 15 minutos, sendo a cocção realizada por 13 minutos à temperatura de 180 °C. Na Embrapa Instrumentação, os hambúrgueres foram assados em forno elétrico (Philco, 38 L), igualmente pré-aquecido por 15 minutos e ajustado à temperatura de 230 °C, permanecendo em cocção por 7 minutos cada lado. Após o tratamento térmico, os hambúrgueres foram fracionados em seis partes iguais, embalados em papel alumínio (Figura 12) e mantidos em estufa até o momento da realização das análises (Figura 13).

As análises sensoriais foram realizadas no primeiro mês, 60 dias e 120 dias, sendo realizadas 3 sessões em cada tempo, sendo 2 sessões realizadas na Embrapa Pecuária Sudeste e 1 sessão na Embrapa Instrumentação, totalizando 9 sessões. Os provadores foram recrutados via e-mail e por panfletos e todos os

participantes preencheram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Apêndice C).

Figura 11 - Apresentação das amostras para a análise sensorial



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 12 - Amostra de hambúrguer para a análise sensorial



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 13 - Amostras dos hambúrgueres armazenadas na estufa



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises físico-químicas, microbiológicas, de aceitação global e intenção de compra foram submetidos à análise de variância (ANOVA). E expressos como média $\pm$ desvio padrão e quando identificadas diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$), aplicou-se o teste de comparação de médias Tukey. A análise dos dados obtidos pelo método CATA (*Check-All-That-Apply*) foi realizada por meio do teste de Cochran Q e, nos casos em que se observaram diferenças significativas ($p < 0,05$) na frequência de marcação de um mesmo atributo entre os tratamentos, utilizou-se o teste de comparações múltiplas em pares pelo procedimento de diferença crítica proposto por Sheskin. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa XLSTAT (2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Os resultados de análise de composição centesimal estão apresentados na Tabela 2 e segundo a Portaria SDA nº724/2022 (Brasil, 2022), foi possível observar que os resultados se adequaram à legislação predefinida para hambúrgueres de carne bovina, visto que os parâmetros da legislação permitem 25% de gordura, 3% de carboidratos totais e 20% de colágeno em relação a quantidade de proteína total, e mínimo de 15% de proteína. E as amostras apresentaram valores abaixo do limite, com 7,46% de gordura, 1,55% de carboidratos totais, 1,31% de colágeno e 20,90% de proteína.

Tabela 2 - Composição centesimal dos hambúrgueres bovinos iniciais

Determinações	Resultados (g/100g)	Portaria SDA nº724/2022
Cinzas	1,55 ± 0,02	≤ 3%
Colágeno	1,31 ± 0,18	≤ 20%
Gorduras Totais	7,46 ± 0,22	≤ 25%
Proteína	20,90 ± 0,14	≥15%
Umidade	71,08 ± 0,06	-

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

5.2. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Nos resultados das análises microbiológicas no tempo inicial, que estão apresentados na Tabela 3, foram observados os parâmetros da Instrução Normativa nº313/2024 (Brasil, 2024), a qual estabelece os padrões microbiológicos para hambúrgueres bovinos. Os valores encontrados apresentam valores abaixo dos níveis máximos estipulados pela legislação, visto que os parâmetros da legislação permitem a contagem máxima de $2,0 \times 10^2$ de *Escherichia coli*, $2,0 \times 10^4$ de *Estafilococos* coagulase positiva e a ausência de *Salmonella spp.*. No tempo de 60 e 120 dias (Figura 14), quando foram analisados apenas a contagem de aeróbios psicotróficos, em todos os tratamentos houve a diminuição da contagem durante o

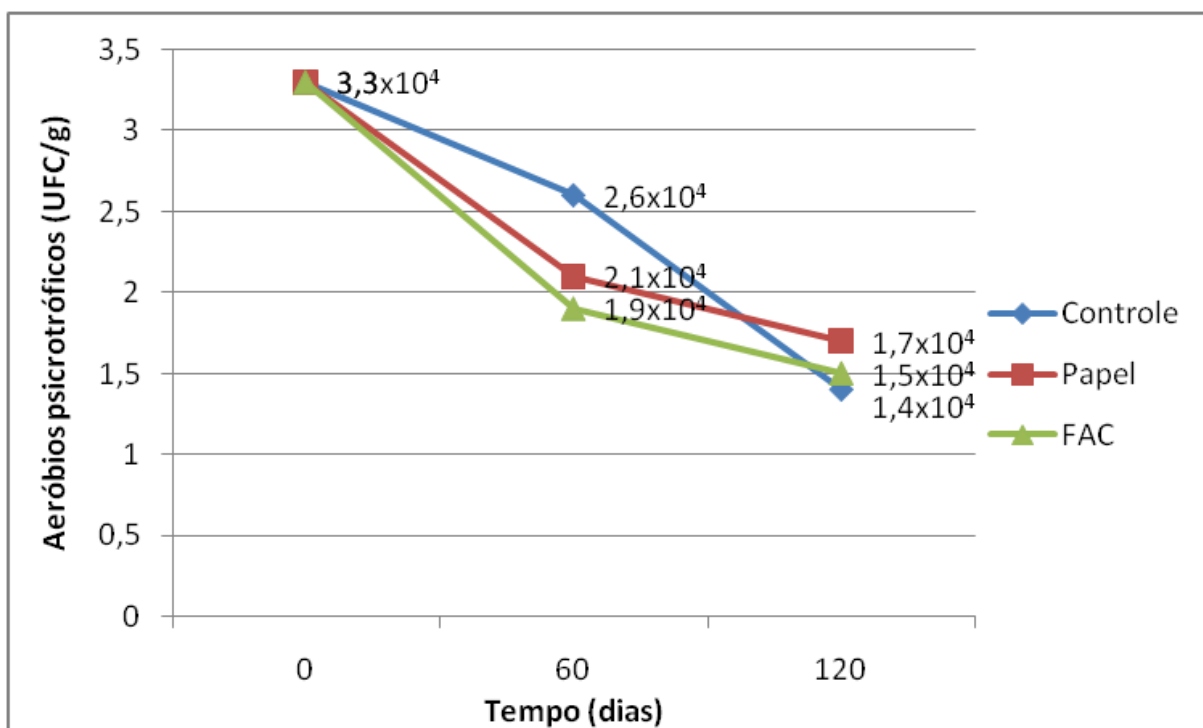
tempo de armazenamento dos hambúrgueres bovinos. Diante disso, Soares *et al.* (2021) realizaram a aplicação de filme comestível de cebola em hambúrgueres de carne bovina e os resultados também evidenciaram um menor crescimento e proliferação de bactérias patogênicas ao longo do período de armazenamento.

Tabela 3 - Médias das contagens microbiológicas dos hambúrgueres bovinos no tempo inicial

Determinações	Tempo (dias)	IN nº313/2024 (Brasil, 2024)
	Inicial	
Aeróbios mesófilos (UFC/g)	2,1x10 ⁴	-
Aeróbios psicrotróficos (UFC/g)	3,3x10 ⁴	-
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	<1,0x10	2,0x10 ²
Estafilococos coagulase positiva (UFC/g)	<1,0x10 ² (est)	2,0x10 ⁴
<i>Salmonella spp.</i> (em 25 g)	Ausente	Ausente

Fonte: Elaborado pela autora (2025).
Nota: UFC: Unidades Formadoras de Colônias; (est): Contagem estimada.

Figura 14 - Médias das contagens dos aeróbios psicrotróficos dos hambúrgueres bovinos em diferentes embalagens (controle, papel e FAC) no tempo inicial, 60 e 120 dias



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Nota: UFC: Unidades Formadoras de Colônias.

5.3. ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados de cor são apresentados na Tabela 4. Foi observada interação embalagem x tempo ($p < 0,05$) para todos os parâmetros de cor. Os resultados indicaram que os hambúrgueres embalados no FAC apresentaram menor variação de valores ao longo do período de armazenamento nos parâmetros de cor, em comparação aos demais tratamentos.

Os tratamentos controle e embalagem de papel apresentaram aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$) do parâmetro L^* no tempo 120 dias de armazenamento em relação ao tempo inicial, indicando maior luminosidade e, consequentemente, hambúrgueres visualmente mais claros ao final do período avaliado. Enquanto que o tratamento com FAC apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre o tempo inicial e os demais tempos avaliados, sendo possível observar

que o parâmetro L^* permaneceu estável a partir de 30 dias até o término do experimento.

Já em relação ao parâmetro a^* , foi apresentado valores mais elevados, com diferença significativamente estatística ($p < 0,05$), no tratamento com FAC em comparação aos tratamentos controle e papel vegetal nos tempos de 90 e 120 dias. De modo semelhante, um estudo prévio realizado por Soares *et al.* (2021) demonstrou que o uso de filmes à base de cebola promove maior estabilização do vermelho (a^*), em função da presença de compostos antioxidantes, que auxiliam no controle da oxidação da mioglobina (Su *et al.*, 2024).

O parâmetro a^* , que corresponde a intensidade da cor vermelha, tem sido destacado em diversos estudos que mostram que os consumidores consideram a carne bovina com coloração vermelho-brilhante mais atrativa, o que contribui na percepção de aceitabilidade e nas preferências do consumidor, sendo evidenciada através de estudos demonstrados por meio de fotografias e pesquisas online (Holman *et al.*, 2017).

O tratamento com FAC apresentou coloração amarelada (b^*) com valores maiores que as demais embalagens a partir de 30 dias, que se manteve ao longo do tempo. Esse resultado pode ser atribuído à presença de compostos flavonoides, como a quercetina, que além de apresentarem atividade antioxidante, também estão associados à pigmentação de alimentos (Batiha *et al.*, 2022). O parâmetro Croma (C^*) representa a saturação da cor. No presente estudo observou-se que o tratamento com FAC apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) de C^* a partir de 60 dias até 120 dias de armazenamento quando comparado ao tratamento com papel. Aos 90 e 120 dias, o tratamento com FAC também apresentou valores significativamente mais elevados em relação ao tratamento controle. Esses resultados indicam que os hambúrgueres revestidos com o FAC mantiveram coloração mais intensa ao longo do armazenamento, evidenciando maior preservação da saturação da cor até o término do período avaliado.

Já o parâmetro h (ângulo de matiz), que descreve a tonalidade da cor (Tabela 4), a partir dos 30 dias até 120 dias, os hambúrgueres embalados com FAC

apresentaram valores de *h* que não se diferiram significativamente ($p < 0,05$) no decorrer do tempo, indicando maior estabilidade da tonalidade vermelha ao longo do armazenamento, sendo um fator que pode contribuir para a aceitação do consumidor. No tempo de 30 dias, o tratamento com o FAC se diferiu significativamente dos demais tratamentos (controle e papel), já no tempo de 120 dias o tratamento com o FAC se diferiu significativamente apenas do tratamento com papel. Nos demais tempos não houve diferença estatística entre os tratamentos. Esse comportamento sugere que o tratamento com o FAC foi mais eficiente em retardar as alterações de cor nos hambúrgueres, possivelmente devido à presença de compostos antioxidantes naturais capazes de inibir a oxidação lipídica e a oxidação da mioglobina (Su *et al.*, 2024).

Tabela 4 - Médias dos parâmetros de cor dos hambúrgueres de carne bovina acondicionadas em diferentes embalagens (controle, papel vegetal e FAC) nos tempos inicial, 30, 60, 90 e 120 dias

Variáveis	Tratamentos	Tempo (dias)					SEM	p (tratamen to)	p (tempo)	p (tempo x tratamen to)
		0	30	60	90	120				
Cor	L*	Controle	48,17 ^{cd}	49,56 ^{bc}	47,95 ^{cd}	48,63 ^{bcd}	51,93 ^{ab}	0,695	<0,0001	<0,0001
		Papel	48,17 ^{cd}	48,90 ^{bcd}	48,61 ^{bcd}	49,66 ^{bc}	54,02 ^a			
		FAC	48,17 ^{cd}	44,03 ^e	43,38 ^e	43,23 ^e	43,10 ^e			
	a*	Controle	22,39 ^a	16,45 ^b	14,35 ^{bcd}	11,46 ^{gh}	11,67 ^{fgh}	0,478	<0,0001	<0,0001
		Papel	22,39 ^a	15,99 ^{bc}	12,57 ^{efgh}	11,26 ^{gh}	10,35 ^h			
		FAC	22,39 ^a	15,83 ^{bc}	14,97 ^{bcd}	14,04 ^{cdef}	14,63 ^{bcde}			
	b*	Controle	21,41 ^a	19,49 ^{bcd}	18,46 ^{de}	16,07 ^f	18,24 ^{de}	0,366	<0,0001	<0,0001
		Papel	21,41 ^a	18,26 ^{de}	17,02 ^{ef}	16,92 ^{ef}	18,59 ^{cde}			
		FAC	21,41 ^a	21,23 ^{ab}	20,52 ^{ab}	20,31 ^{abc}	20,57 ^{ab}			
	C*	Controle	31,00 ^a	25,52 ^{bc}	23,43 ^{cde}	19,77 ^g	21,73 ^{efg}	0,508	<0,0001	<0,0001
		Papel	31,00 ^a	24,32 ^{bcd}	21,21 ^{efg}	20,35 ^{fg}	21,33 ^{efg}			
		FAC	31,00 ^a	26,51 ^b	25,41 ^{bc}	24,70 ^{bcd}	25,25 ^{bc}			
	h	Controle	43,73 ^g	49,88 ^{ef}	52,64 ^{cdef}	54,81 ^{bc}	57,53 ^{ab}	0,789	<0,0001	<0,0001
		Papel	43,73 ^g	49,06 ^f	53,92 ^{bcd}	56,48 ^{bc}	60,66 ^a			
		FAC	43,73 ^g	53,27 ^{cd}	53,89 ^{bcd}	55,40 ^{bc}	54,54 ^{bc}			

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

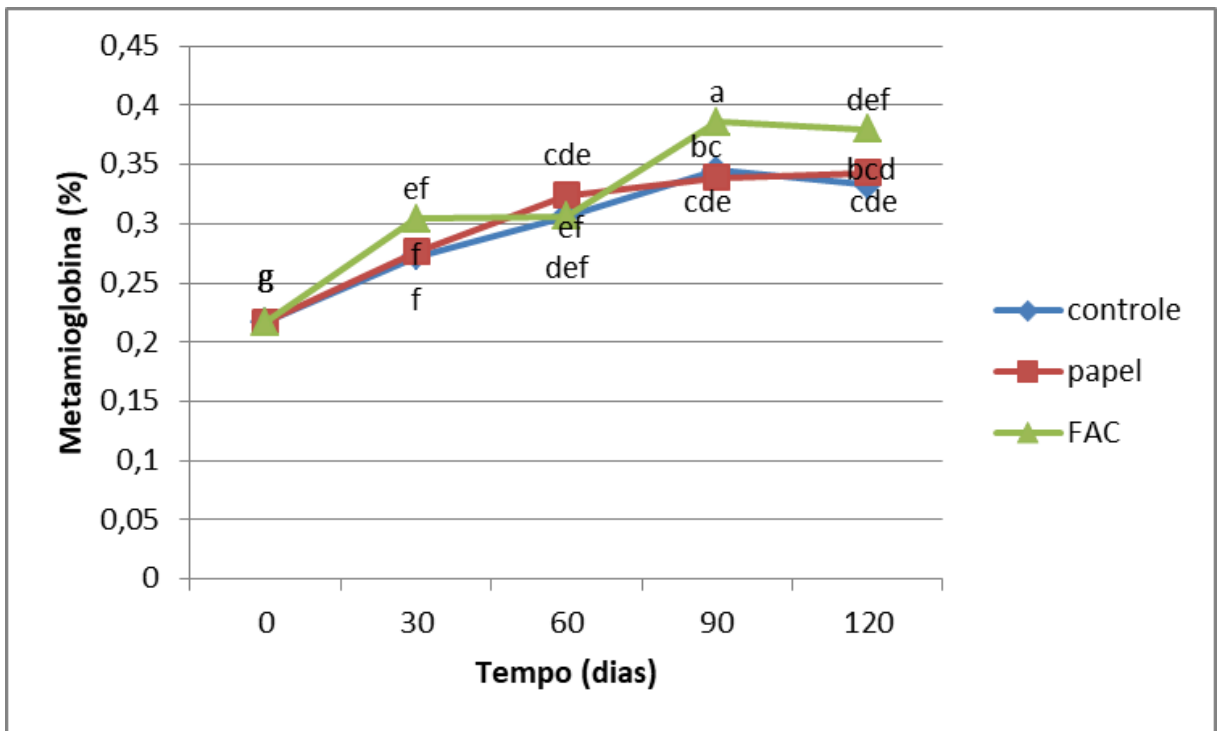
Nota: ^{ab}Médias com letras minúsculas diferem ($p < 0,05$) entre as combinações de tratamentos/tempos por cada variável.

Inicialmente, ao analisar os parâmetros de cor apresentados na Tabela 4, observa-se uma redução nos valores de a^* e C^* ao longo do período de armazenamento, em todos os tratamentos de embalagens, especialmente quando comparados os valores do tempo inicial com os obtidos aos 30, 60, 90 e 120 dias. Essa diminuição indica perda da intensidade e da saturação da coloração vermelha dos produtos. Já o parâmetro L^* apresentou comportamento distinto, com aumento significativo apenas aos 120 dias nos tratamentos controle e papel, não acompanhando a mesma tendência observada para os demais parâmetros de cor. De acordo com Salueña *et al.* (2019), a evolução da cor da carne no espaço CIELAB ao longo da vida útil demonstra que, durante a oxidação dos pigmentos da mioglobina, os parâmetros a^* e C^* estão mais diretamente associados às alterações na composição dos pigmentos, especialmente à formação de metamioglobina, enquanto o parâmetro L^* pode apresentar variações mais sutis durante o armazenamento.

Essas alterações podem ser explicadas pelos resultados apresentados nas Figuras 15 e 16. Conforme demonstrado na Figura 15, houve aumento progressivo da porcentagem de metamioglobina em todos os tratamentos, especialmente a partir de 30 dias de armazenamento. Esse comportamento está diretamente relacionado ao processo bioquímico de oxidação da oximioglobina (Fe^{2+}) para metamioglobina (Fe^{3+}), resultando na formação de pigmentos de coloração marrom e, conseqüentemente, na redução dos valores de a^* e C^* . De forma complementar, a Figura 16 evidencia a redução das porcentagens de oximioglobina ao longo do armazenamento, reforçando a ocorrência do processo oxidativo. Essa diminuição explica diretamente a redução dos valores de a^* , uma vez que esse parâmetro depende da presença de oximioglobina na superfície do produto.

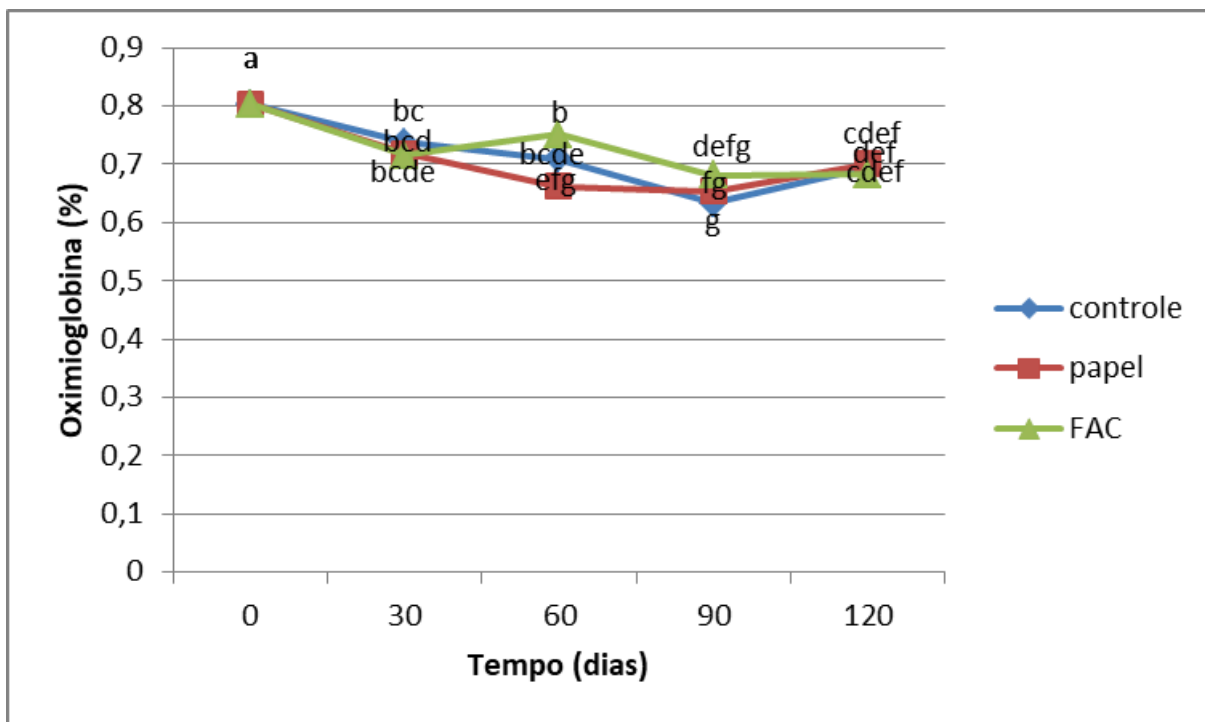
Em relação aos tratamentos, o grupo controle apresentou redução significativa do parâmetro a^* aos 30 e 90 dias de armazenamento. O tratamento com papel, por sua vez, mostrou redução estatisticamente significativa aos 30 e 60 dias. Já o tratamento com FAC apresentou redução significativa apenas aos 30 dias, indicando maior estabilidade desse parâmetro de cor ao longo do período de armazenamento.

Figura 15 - Porcentagem da concentração de metamioglobina nos hambúrgueres bovinos em diferentes embalagens (controle, papel e FAC) no tempo inicial, 30, 60, 90 e 120 dias



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 16 - Porcentagem da concentração de oximioglobina nos hambúrgueres bovinos em diferentes embalagens (controle, papel e FAC) no tempo inicial, 30, 60, 90 e 120 dias



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Segundo a literatura (Mokrzycki; Tatol, 2012), os valores de ΔE podem ser associados a percepção humana de cores, sendo que a escala consiste em valores <1,0 (diferença imperceptível), 1,0 a 2,0 (apenas um observador treinado consegue perceber a diferença), 2,0 a 3,5 (observador não treinado consegue perceber a diferença), 3,5 a 5,0 (diferença clara na cor é evidenciada) e >5,0 (observador consegue perceber duas cores diferentes). A partir dos valores apresentados na Tabela 5, é possível evidenciar que os hambúrgueres embalados no FAC apresentaram diferença muito evidente em comparação aos outros tratamentos em todos os tempos analisados, variando de 5,05 até 11,91. Foi observado que os valores do ΔE entre os hambúrgueres embalados com papel e controle variaram entre 1,35 (apenas um observador treinado consegue perceber a diferença) até 2,50 (um observador não treinado consegue perceber a diferença).

Tabela 5 - Valores de ΔE obtidos dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*), calculados entre controle e papel, controle e o FAC e entre o papel e o FAC durante os tempos de 30, 60, 90 e 120 dias

Tratamentos	Tempo (dias)	ΔE	
		Papel	FAC
Controle	30	1,47	5,83
	60	2,38	5,05
	90	1,35	7,33
	120	2,50	9,60
Papel	30	-	5,70
	60	-	6,74
	90	-	7,78
	120	-	11,91

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Os valores de pH de todos os tratamentos apresentaram redução ao longo do período de armazenamento, sendo observada diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os valores iniciais e finais, evidenciando uma tendência de acidificação progressiva (Tabela 6). Nesse contexto, a diminuição do pH pode estar relacionada a processos químicos intrínsecos ao hambúrguer bovino, especialmente ao aumento da oxidação lipídica ao longo do armazenamento (Tabela 8). Esse processo resulta na formação de diversos compostos secundários, incluindo ácidos orgânicos (Domínguez *et al.*, 2019).

Em relação à perda por cocção (PPC), verificou-se aumento significativo ($p < 0,05$) ao longo do tempo em todos os tratamentos, com valores mais elevados a partir de 30 dias de armazenamento (Tabela 6). No entanto, o tratamento com FAC apresentou valores significativamente menores de PPC entre 30 e 90 dias quando comparado aos tratamentos controle e papel, o qual contribuiu para maior retenção de umidade na matriz cárnea ao longo do armazenamento. De acordo com Purslow *et al.* (2016) e Macharáčková *et al.* (2021), a perda por cocção está diretamente relacionada à capacidade de retenção de água da matriz proteica, sendo influenciada por alterações estruturais das proteínas miofibrilares durante o aquecimento. Nesse contexto, a natureza hidrofílica dos filmes à base de cebola pode ter contribuído para a manutenção da umidade dos hambúrgueres durante o

armazenamento, reduzindo a exsudação e, conseqüentemente, as perdas durante a cocção, conforme também relatado por Barreto *et al.* (2020).

Quanto à perda por encolhimento (PPE), observou-se efeito significativo apenas do tempo de armazenamento ($p = 0,009$) (Tabela 6). Em todos os tratamentos, os valores de PPE aumentaram significativamente a partir de 60 dias de armazenamento, o que pode ser atribuído às alterações estruturais progressivas da matriz cárnea ao longo do tempo. Segundo Barbera e Tassone (2006) e Tornberg (2005), o encolhimento durante a cocção está associado à contração das fibras musculares e à desnaturação das proteínas miofibrilares.

Tabela 6 - Médias dos parâmetros físico-químicos (pH, PPC e PPE) dos hambúrgueres de carne bovina acondicionadas em diferentes embalagens (controle, papel e FAC) nos tempos inicial, 30, 60, 90 e 120 dias

Variáveis Tratamentos		Tempo (dias)					p (tratam ento)	p (tempo)	p (tempo x tratamento)
		0	30	60	90	120			
pH	Controle	5,99 ^a	5,80 ^{cd}	5,84 ^b	5,76 ^{de}	5,74 ^{ef}			
	Papel	5,99 ^a	5,81 ^{bc}	5,81 ^{bc}	5,77 ^{de}	5,70 ^g	0,008	<0,0001	<0,0001
	FAC	5,99 ^a	5,78 ^{cde}	5,76 ^e	5,71 ^{fg}	5,75 ^e			
PPC (%)	Controle	30,28 ^g	43,53 ^a	42,58 ^{abc}	43,29 ^{ab}	41,36 ^{bcd}			
	Papel	30,28 ^g	44,26 ^a	42,81 ^{abc}	43,74 ^a	40,87 ^{cd}	0,534	<0,0001	<0,0001
	FAC	30,28 ^g	36,74 ^f	38,25 ^e	38,61 ^e	40,12 ^d			
PPE (%)	Controle	14,68 ^A	18,11 ^{AB}	20,50 ^B	17,98 ^B	18,99 ^B			
	Papel	14,68 ^A	15,50 ^{AB}	16,64 ^B	20,69 ^B	18,89 ^B	0,969	0,723	0,009
	FAC	14,68 ^A	16,82 ^{AB}	18,64 ^B	17,61 ^B	19,00 ^B			0,730

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Nota: ^{ab}Médias com letras minúsculas diferem ($p < 0,05$) entre as combinações de tratamentos/tempos por cada variável. ^{AB}Médias com letras maiúsculas diferem ($p < 0,05$) entre o tempo. PPC (Perda por Cocção). PPE (Perda Por Encolhimento).

Para todos os parâmetros instrumentais de textura foi observada interação tempo x tratamento (Tabela 7). A força de cisalhamento (FC) apresentou aumento significativo no tratamento controle apenas no tempo de 30 dias, enquanto o tratamento com FAC não apresentou nenhuma diferença significativa ao longo do tempo de armazenamento, nos demais tratamentos não houve diferenças significativas.

Em relação aos resultados da Análise do Perfil de Textura (TPA) (Tabela 7), no parâmetro de dureza, o tratamento com FAC apresentou valores significativamente inferiores ($p < 0,05$) em todos os tempos avaliados em comparação aos tratamentos controle e papel. Em relação à coesividade, os resultados, em todos os tratamentos, não apresentaram diferenças significativas ao longo do tempo, porém nos tempos de 30 e 60 dias o tratamento com o FAC se diferenciou significativamente dos demais tratamentos (controle e papel), em que os valores do FAC foram menores. Entretanto, nos tempos de 90 e 120 dias, o tratamento com o FAC apresentou diferença significativa apenas do tratamento controle. Para a elasticidade, observaram-se diferenças estatisticamente significativas nos tempos de 30 e 120 dias no tratamento com FAC, o qual apresentou valores inferiores aos demais tratamentos.

Já em relação a gomosidade foi possível observar que o tratamento com o FAC manteve-se estatisticamente igual ao tempo inicial até o tempo de 60 dias, já nos tempos de 90 e 120 dias houve diferença significativa comparando com os resultados do tempo inicial, além disso o tratamento com o FAC apresentou valores significativamente inferiores a partir de 30 dias em comparação aos tratamentos controle e papel.

Já para a mastigabilidade, verificou-se que o tratamento com o FAC manteve-se estatisticamente igual ao tempo inicial até o tempo de 90 dias e, apenas no tempo de 120 dias houve diferença significativa em relação aos resultados do tempo inicial e de 30 dias. A partir dos valores apresentados no parâmetro de mastigabilidade (Tabela 7) os hambúrgueres embalados com o FAC mantiveram valores significativamente menores ($p < 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento a partir de 30 dias em relação aos demais tratamentos (controle e papel), indicando menor resistência à mastigação.

Os hambúrgueres controle e embalados em papel apresentaram aumento da rigidez ao longo do armazenamento, evidenciado pelos maiores valores de dureza, gomosidade e mastigabilidade. Esse comportamento pode estar associado à perda de água das amostras de hambúrgueres, sugerida pelos resultados de perda por cocção (PPC) (Tabela 6). De forma semelhante, Miller *et al.*, (2025) observaram que a redução do teor de umidade em hambúrgueres está relacionada ao aumento da dureza e da mastigabilidade. Assim, embora a umidade não tenha sido mensurada

diretamente neste estudo, os resultados de perda por cocção (PPC) indicam uma menor retenção de água, o que pode explicar o aumento da rigidez observado nos hambúrgueres

Tabela 7 - Médias dos parâmetros força de cisalhamento (FC) e perfil de textura (TPA) dos hambúrgueres de carne bovina acondicionadas em diferentes embalagens (controle, papel e FAC) nos tempos inicial, 30, 60, 90 e 120 dias

Variáveis	Tratamentos	Tempo (dias)					SEM	p (tratamento)	p (tempo)	p (tempo x tratamento)
		0	30	60	90	120				
FC (kgf)	Controle	2,14 ^{bcd}	3,09 ^a	2,94 ^{ab}	2,92 ^{ab}	2,63 ^{abc}	0,174	<0,0001	0,0010	0,017
	Papel	2,14 ^{bcd}	2,85 ^{ab}	2,77 ^{abc}	2,78 ^{abc}	2,80 ^{abc}				
	FAC	2,14 ^{bcd}	2,17 ^{bcd}	1,97 ^{cd}	1,74 ^d	2,14 ^{bcd}				
TPA	Dureza (g)	Controle	8073,71 ^e	17491,95 ^a	15566,75 ^{ab}	16655,98 ^a	555,667	<0,0001	<0,0001	<0,0001
		Papel	8073,58 ^e	15104,99 ^{ab}	16258,87 ^a	16930,45 ^a				
		FAC	8078,14 ^e	9436,33 ^{de}	10791,54 ^{cd}	12032,88 ^{cd}				
	Coesividade (g/seg)	Controle	0,67 ^{abcd}	0,70 ^a	0,70 ^{ab}	0,69 ^{ab}	0,009	<0,0001	0,1390	<0,0001
		Papel	0,67 ^{abcd}	0,70 ^a	0,69 ^{ab}	0,68 ^{abc}				
		FAC	0,67 ^{abcd}	0,63 ^d	0,62 ^d	0,64 ^{cd}				
	Elasticidade (g)	Controle	0,81 ^{ab}	0,86 ^a	0,85 ^{ab}	0,85 ^{ab}	0,016	<0,0001	0,6340	<0,0001
		Papel	0,81 ^{ab}	0,85 ^a	0,84 ^{ab}	0,86 ^a				
		FAC	0,81 ^{ab}	0,72 ^c	0,80 ^{abc}	0,77 ^{bc}				
	Gomosidade	Controle	5387,46 ^d	12277,14 ^a	10821,63 ^a	11503,03 ^a	398,69	<0,0001	<0,0001	<0,0001
		Papel	5388,15 ^d	10612,53 ^a	11251,72 ^a	11514,99 ^a				
		FAC	5391,10 ^d	5980,98 ^{cd}	6766,09 ^{bcd}	7722,62 ^{bc}				
	Mastigabilidade	Controle	4384,78 ^c	10633,29 ^a	9150,83 ^a	9741,88 ^a	375,36	<0,0001	<0,0001	<0,0001
		Papel	4387,85 ^c	9018,64 ^a	9435,47 ^a	9842,92 ^a				
		FAC	4389,26 ^c	4345,37 ^c	5476,30 ^{bc}	5963,97 ^{bc}				

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Nota: ^{ab}Médias com letras minúsculas diferem (p<0,05) entre as combinações de tratamentos/tempos por cada variável

Os resultados do TBARS dos hambúrgueres bovinos ao longo do tempo de análise, apresentaram diferença significativa para os tratamentos ($p < 0,05$) e para o tempo ($p < 0,05$), demonstrando uma tendência crescente de oxidação lipídica ao longo do tempo de armazenamento (Tabela 8). Em relação ao fator tempo, em todos os tratamentos, verificou-se aumento significativo ($p < 0,05$) a partir de 30 dias, além do aumento estatisticamente progressivo aos 60 e 120 dias, os tempos de 60 e 90 dias não se diferiram significativamente entre si. Quanto ao fator tratamento, também foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$), em que o tratamento de papel se diferiu estatisticamente em relação ao tratamento com FAC, nos tempos de 30, 60 e 90 dias, a partir de 120 dias o tratamento de papel se diferiu significativamente apenas do tratamento com FAC. Apesar do aumento progressivo da oxidação lipídica ao longo do período de armazenamento, os valores de TBARS permaneceram inferiores a 1,0 mg MDA/kg ao final de 120 dias, mantendo-se dentro do limite considerado aceitável. Valores superiores a isso podem comprometer os atributos sensoriais, resultando em odor e sabor rançoso (Angioletti *et al.*, 2024), o qual é um comportamento esperado em produtos cárneos processados que, devido ao seu teor lipídico, são mais suscetíveis a reações oxidativas, responsáveis pela geração de radicais livres decorrentes da ruptura celular e da exposição ao oxigênio e à luz ultravioleta (Oswell *et al.*, 2018). Nesse contexto, a incorporação de compostos com atividade antioxidante tem sido amplamente investigada como estratégia para retardar a oxidação lipídica. Rocchetti *et al.* (2022) demonstraram que a adição de extratos encapsulados de sabugueiro (*Sambucus nigra* L.) em hambúrgueres bovinos promoveu aumento da atividade antioxidante, contribuindo para a inibição da oxidação lipídica. De forma semelhante, Soares *et al.* (2021) relataram que filmes comestíveis de cebola são fontes de flavonoides, como a quercetina, além de outros compostos bioativos com atividade antioxidante e antimicrobiana, os quais contribuíram para o prolongamento da vida útil de hambúrgueres durante o armazenamento.

Tabela 8 - Valores médios de TBARS dos hambúrgueres de carne bovina acondicionadas em diferentes embalagens (controle, papel vegetal e FAC) nos tempos inicial, 30, 60, 90 e 120 dias

Variáveis	Tratamentos	Tempo (dias)					SEM	p (tratamento)	p (tempo)
		0	30	60	90	120			
TBARS (mg MDA/kg)	Controle	0,11 ^{abD}	0,25 ^{abC}	0,40 ^{abB}	0,36 ^{abB}	0,46 ^{abA}			
	Papel	0,11 ^{abD}	0,28 ^{aC}	0,35 ^{aB}	0,39 ^{aB}	0,46 ^{aA}	0,020	0,021	<0,0001
	FAC	0,11 ^{abD}	0,25 ^{bC}	0,35 ^{bB}	0,29 ^{bB}	0,42 ^{bA}			

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Nota: ^{ab}Médias com letras minúsculas diferem ($p < 0,05$) entre os tratamentos. ^{AB}Médias com letras maiúsculas diferem ($p < 0,05$) entre os tempos.

ANÁLISE SENSORIAL

Foi observado na análise do perfil dos consumidores, que a amostra foi majoritariamente composta por mulheres (63,1%), com idade entre 21 e 35 anos (61,2%). Observou-se predominância de participantes com pós-graduação em nível de doutorado (28,1%) e renda mensal entre R\$1.001,00 e R\$3.000,00 (34,9%). Quanto aos hábitos de consumo, a maioria relatou consumir hambúrguer bovino uma vez por semana (70,5%), sendo a forma de consumo mais frequente na apresentação de sanduíche (26,2%). Em relação aos critérios de escolha do produto, o atributo saboroso/apetitoso foi considerado o mais importante (55,3%). Além disso, constatou-se que os consumidores demonstram preocupação com a quantidade de aditivos presentes no hambúrguer (69,1%). Quanto ao local de consumo, prevaleceu o consumo tanto no domicílio (49,6%) quanto em lanchonetes e restaurantes (50,4%).

Os hambúrgueres que foram embalados no FAC apresentaram maior aceitação global ($p < 0,05$), com médias de 7,4 a 7,6 (gostei moderadamente) em relação aos outros tratamentos, nos três tempos estudados.

Em um estudo conduzido por Soares *et al.* (2021), observou-se que hambúrgueres de carne bovina revestidos com filme comestível de cebola apresentaram maior aceitação sensorial em comparação aos não revestidos.

Em uma revisão realizada por Bhat *et al.* (2023) foi relatada percepção positiva e elevada aceitação geral dos consumidores em relação a diferentes tipos

de carnes frescas e congeladas, além de produtos cárneos revestidos com filmes comestíveis. De forma semelhante, Alves Mauricio *et al.* (2022) avaliaram a aceitação sensorial e a intenção de compra de carnes bovina e ovina revestidas com quitosana, sob condições de avaliação com e sem informação ao consumidor, e observaram boa aceitação sensorial e intenção de compra para ambos os tipos de carne revestida. Esses resultados indicam que a aplicação de filmes comestíveis não compromete, e pode até favorecer, a aceitação do produto pelo consumidor. Nesse contexto, os achados do presente estudo reforçam essa tendência, uma vez que os hambúrgueres embalados com o FAC apresentaram maior aceitação e intenção de compra em relação aos demais tratamentos, evidenciando o potencial promissor dos filmes à base de aliáceas quanto à aceitação sensorial e à preferência do consumidor.

Para a intenção de compra, os hambúrgueres embalados no FAC também apresentaram maior intenção de compra, com médias de 3,9 a 4,2 (provavelmente compraria), e tiveram diferença significativa ($p < 0,05$) dos demais tratamentos, em todos os tempos estudados.

Ao longo do armazenamento, observou-se redução das médias tanto para a aceitação global quanto para a intenção de compra em todos os tratamentos avaliados. Para a aceitação global, os todos os tratamentos apresentaram diminuição significativa entre o tempo 0 e 120 dias. Com relação à intenção de compra, comportamento semelhante foi observado, com redução gradual das médias em todos os tratamentos durante o período de armazenamento congelado. Os tratamentos apresentaram diminuição significativa entre o tempo 0 e 60 dias e posteriormente se mantiveram iguais estatisticamente até ao final do armazenamento. Esses resultados indicam que o tempo de armazenamento influenciou negativamente os atributos sensoriais avaliados, promovendo diminuição da aceitação global e da intenção de compra independentemente do tratamento aplicado.

Tabela 10 - Médias da aceitação global e intenção de compra dos tratamentos em todos os tempos

Tratamentos		Tempo (dias)			p (tratamento)	p (tempo)
		0	60	120		
Aceitação global	Controle	6,8 ^{Aa}	6,7 ^{Aa}	6,2 ^{Ba}	<0,0001	0,004
	Papel	6,6 ^{Aa}	6,7 ^{Aa}	6,3 ^{Ba}		
	FAC	7,6 ^{Ab}	7,4 ^{Ab}	7,4 ^{Bb}		
Intenção de compra	Controle	3,6 ^{Aa}	3,4 ^{Ba}	3,2 ^{Ba}	<0,0001	0,001
	Papel	3,6 ^{Aa}	3,4 ^{Ba}	3,2 ^{Ba}		
	FAC	4,2 ^{Ab}	3,9 ^{Bb}	4,1 ^{Bb}		

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Nota: ^{AB}Médias com letras maiúsculas em cada coluna diferem ($p < 0,05$) entre os tempos. ^{ab}Médias com letras minúsculas em cada coluna diferem ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

A maior aceitação global e a maior intenção de compra observadas para os hambúrgueres revestidos com FAC podem ser complementados pelos resultados da análise CATA (Tabelas 11 e 12). Apenas os atributos que apresentaram diferença significativa foram incluídos na Tabela 11, sendo eles: cor marrom claro, cor marrom escuro, cor cinza, aparência queimado, aparência bem passado, aparência com crosta, aroma cebola, aroma alho, aroma queimado, aroma estranho, sabor churrasco, sabor cebola, sabor alho, sabor insosso, sabor gorduroso, sabor amanteigado, sabor condimentado, textura macia, textura borrachenta, textura suculenta, textura seca, boa qualidade, baixa qualidade, barato e caro.

O tratamento com FAC apresentou maior frequência para alguns atributos sensoriais, como “aparência marrom escuro”, “aparência com crosta”, “aroma de alho”, “aroma de cebola”, “sabor condimentado”, “textura macia”, “textura suculenta” e “boa qualidade”. Em contraste, os demais tratamentos apresentaram maior frequência de atributos, como “aparência marrom claro”, “sabor insosso”, “textura seca” e “baixa qualidade”. Segundo Neville *et al.* (2017) os atributos sensoriais, como “textura seca” e “sabor desagradável”, quando presentes em um hambúrguer, tiveram sua aceitabilidade reduzida. Esses dados corroboram com os achados do presente estudo, pois o tratamento controle e papel apresentaram as menores médias de aceitação global e intenção de compra em comparação com o tratamento com FAC.

O atributo “aparência marrom escuro” e “aparência marrom claro” apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre o tratamento com o FAC e os demais tratamentos, este resultado pode ser explicado devido a uma possível consequência dos componentes flavonoides, que também são responsáveis pela pigmentação dos alimentos (Batiha *et al.*, 2022). Esse comportamento é associado com os resultados instrumentais de cor, uma vez que o tratamento com FAC apresentou valores mais elevados de coloração amarelada (b^*) a partir de 60 dias, os quais se mantiveram ao longo do período de armazenamento (Tabela 4).

Além disso, os hambúrgueres do tratamento de FAC apresentou menores valores para força de cisalhamento (FC) (Tabela 7), com diferença significativa ($p < 0,05$), em relação aos outros tratamentos a partir do tempo de 30 dias e na análise de perfil de textura (TPA) (Tabela 7), os hambúrgueres do tratamento de FAC também apresentaram valores menores com diferença significativa ($p < 0,05$) para os parâmetros de dureza e mastigabilidade, sendo evidenciados pelo CATA (*Check-All-That-Apply*), visto que os hambúrgueres do tratamento com o FAC apresentaram maior associação ao atributo “textura macia”.

No tempo inicial, na Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 17b) demonstrou que o primeiro componente principal (F1) explicou 95,75% da variabilidade dos dados, enquanto o segundo componente (F2) explicou 4,25%, totalizando 100% da variância total. Foi possível observar que a aceitação dos produtos está diretamente associada a um conjunto de atributos sensoriais específicos, sendo eles o aroma de alho (ARA), a aparência com crosta (APCCR), o aroma de cebola (ARC), o sabor de cebola (SCE), a textura suculenta (TXS), a textura macia (TXM), o sabor de alho (SAL) e a boa qualidade (BQUAL). Esses atributos, localizados próximos à variável aceitação no gráfico de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) (Figura 17a), indicam que as características citadas relacionadas ao aroma, sabor e textura foram determinantes para a preferência dos avaliadores. Além disso, ao analisar o gráfico de Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 17b), verifica-se que esse conjunto de atributos apresenta maior correlação com o tratamento FAC, sugerindo que esse tratamento foi o que mais concentrou as características sensoriais desejáveis, contribuindo, consequentemente, para uma maior aceitação no tempo inicial.

Aos 60 dias de armazenamento, na Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 18b) demonstrou que o primeiro componente principal (F1) explicou 98,79% da variabilidade dos dados, enquanto o segundo componente (F2) explicou 1,21%, totalizando 100% da variância total. Foi possível observar que a aceitação dos produtos esteve associada aos atributos aroma de alho (ARA), aroma de cebola (ARC), sabor de cebola (SCE), sabor de alho (SAL) e boa qualidade (BQUAL). A proximidade desses atributos em relação à variável aceitação no gráfico de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) (Figura 18a) sugere que o perfil sensorial, especialmente no que se refere ao aroma e ao sabor, desempenhou papel determinante na preferência dos avaliadores nesse período. De forma complementar, a Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 18b) demonstra que esse conjunto de atributos apresenta maior correlação com o tratamento FAC, indicando que este tratamento apresentou maior capacidade de preservar e realçar atributos sensoriais desejáveis ao longo do período de armazenamento, o que contribuiu em maior aceitação após 60 dias.

Aos 120 dias de armazenamento, na Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 19b) demonstrou que o primeiro componente principal (F1) explicou 97,93% da variabilidade dos dados, enquanto o segundo componente (F2) explicou 2,07%, totalizando 100% da variância total. Por meio do gráfico de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) (Figura 19a), em que a aceitação dos produtos esteve mais associada aos atributos aroma de cebola (ARC), sabor de alho (SALH), sabor churrasco (SCHU), textura suculenta (TXS), aroma de alho (ARA) e textura macia (TXM). A proximidade entre esses atributos e a variável aceitação indica que características relacionadas ao aroma, sabor e à textura foram determinantes para a preferência dos avaliadores nesse período. De forma complementar, o gráfico de Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 19b) evidencia que esse conjunto de atributos apresenta maior correlação com o tratamento FAC (filme de alho e cebola), o que também resultou em maior aceitação dos produtos aos 120 dias.

De forma geral, é possível observar que o tratamento FAC esteve mais associado aos atributos relacionados à aceitação em todos os tempos analisados, evidenciando sua maior influência na presença de características sensoriais desejáveis ao longo do período avaliado.

Tabela 11 - Comparações múltiplas em pares usando o procedimento de diferença crítica (Sheskin) e valores de contingência que apresentaram valores significativos ($p < 0,05$) nos tempos 1, 60 e 120 dias

Tempo	Atributos de aparência do CATA	Controle	n	Papel	n	FAC	n	Valores de p
1 dia	Cor marrom claro	0,653 (b)	66	0,752 (b)	76	0,475 (a)	48	< 0,0001
	Cor marrom escuro	0,149 (a)	15	0,069 (a)	7	0,356 (b)	36	< 0,0001
	Cor cinza	0,238 (b)	24	0,248 (b)	25	0,109 (a)	11	0,016
	Com crosta	0,010 (a)	1	0,069 (a)	7	0,28 (b)	22	< 0,0001
	Aroma cebola	0,069 (a)	7	0,059 (a)	6	0,485 (b)	49	< 0,0001
	Aroma alho	0,059 (a)	6	0,059 (a)	6	0,297 (b)	30	< 0,0001
	Sabor cebola	0,079 (a)	8	0,059 (a)	6	0,455 (b)	46	< 0,0001
	Sabor alho	0,030 (a)	3	0,059 (a)	6	0,287 (b)	29	< 0,0001
	Sabor insosso	0,158 (b)	16	0,139 (ab)	14	0,040 (a)	4	0,012
	Sabor amanteigado	0,059 (a)	6	0,040 (a)	4	0,119 (b)	12	0,047
	Sabor condimentado	0,099 (ab)	10	0,059 (a)	6	0,188 (b)	19	0,014
	Textura macia	0,416 (ab)	42	0,356 (a)	36	0,564 (b)	57	0,003
	Textura borrachenta	0,089 (ab)	9	0,139 (b)	14	0,030 (a)	3	0,013
	Textura succulenta	0,158 (a)	16	0,119 (a)	12	0,297 (b)	30	0,001
	Textura seca	0,356 (b)	36	0,396 (b)	40	0,149 (a)	15	0,000
	Boa qualidade	0,455 (a)	46	0,396 (a)	40	0,663 (b)	67	0,000
	Baixa qualidade	0,149 (b)	15	0,109 (ab)	11	0,030 (a)	3	0,013
	Barato	0,158 (b)	16	0,178 (b)	18	0,040 (a)	4	0,003
	Caro	0,010 (ab)	1	0 (a)	0	0,050 (b)	5	0,030
60 dias	Cor marrom claro	0,837 (b)	77	0,804 (b)	74	0,576 (a)	53	< 0,0001
	Cor marrom escuro	0,076 (a)	7	0,076 (a)	7	0,326 (b)	30	< 0,0001
	Cor cinza	0,152 (ab)	14	0,196 (b)	18	0,054 (a)	5	0,003
	Com crosta	0,043 (a)	4	0,054 (a)	5	0,185 (b)	17	0,001
	Aroma cebola	0,087 (a)	8	0,065 (a)	6	0,489 (b)	45	< 0,000
	Aroma alho	0,054 (a)	5	0,065 (a)	6	0,239 (b)	22	< 0,0001
	Aroma queimado	0 (a)	0	0 (a)	0	0,043 (b)	4	0,018
	Sabor cebola	0,076 (a)	7	0,098 (a)	9	0,435 (b)	40	< 0,0001
	Sabor alho	0,043 (a)	4	0,043 (a)	4	0,261 (b)	24	< 0,0001
	Sabor insosso	0,141 (b)	13	0,196 (b)	18	0,033 (a)	3	0,001
	Sabor condimentado	0,065 (a)	6	0,054 (a)	5	0,174 (b)	16	0,005
	Textura macia	0,391 (a)	36	0,370 (a)	34	0,576 (b)	53	0,003
	Textura succulenta	0,130 (a)	12	0,152 (a)	14	0,337 (b)	31	0,001
	Textura seca	0,380 (b)	35	0,413 (b)	38	0,109 (a)	10	< 0,0001
	Boa qualidade	0,370 (a)	34	0,370 (a)	34	0,598 (b)	55	0,000
	Barato	0,163 (ab)	15	0,185 (b)	17	0,065 (a)	6	0,014

	Caro	0 (a)	0	0 (a)	0	0,043 (b)	4	0,018
	Cor marrom claro	0,802 (b)	85	0,792 (b)	84	0,472 (a)	50	< 0,0001
	Cor marrom escuro	0,085 (a)	9	0,047 (a)	5	0,377 (b)	40	< 0,0001
	Queimado	0 (a)	0	0 (a)	0	0,066 (b)	7	0,001
	Bem passado	0,453 (ab)	48	0,425 (a)	45	0,575 (b)	61	0,017
	Cor cinza	0,151 (ab)	16	0,189 (b)	20	0,085 (a)	9	0,028
	Com crosta	0,066 (a)	7	0,038 (a)	4	0,226 (b)	24	< 0,0001
	Aroma cebola	0,132 (a)	14	0,104 (a)	11	0,604 (b)	64	< 0,0001
	Aroma alho	0,066 (a)	7	0,104 (a)	11	0,396 (b)	42	< 0,0001
	Aroma queimado	0 (a)	0	0 (a)	0	0,038 (b)	4	0,018
	Aroma estranho	0,151 (b)	16	0,179 (b)	19	0,028 (a)	3	0,001
	Sabor churrasco	0,160 (a)	17	0,226 (a)	24	0,406 (b)	43	< 0,0001
120 dias	Sabor cebola	0,189 (a)	20	0,142 (a)	15	0,472 (b)	50	< 0,0001
	Sabor alho	0,113 (a)	12	0,113 (a)	12	0,349 (b)	37	< 0,0001
	Sabor insosso	0,217 (b)	23	0,236 (b)	25	0,066 (a)	7	0,000
	Sabor gorduroso	0,038 (a)	4	0,075 (ab)	8	0,142 (b)	15	0,010
	Textura macia	0,274 (a)	29	0,358 (a)	38	0,566 (b)	60	< 0,0001
	Textura borrachento	0,198 (a)	21	0,217 (b)	23	0,057 (a)	6	0,001
	Textura succulenta	0,085 (a)	9	0,104 (a)	11	0,453 (b)	48	< 0,0001
	Textura seca	0,425 (b)	45	0,406 (b)	43	0,113 (a)	12	< 0,0001
	Boa qualidade	0,255 (a)	27	0,321 (a)	34	0,660 (b)	70	< 0,0001
	Baixa qualidade	0,264 (b)	28	0,283 (b)	30	0,066 (a)	7	< 0,0001
	Barato	0,170 (b)	18	0,217 (b)	23	0,066 (a)	7	0,002
	Caro	0 (a)	0	0 (a)	0	0,038 (b)	4	0,018

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 12 - Comparações múltiplas em pares usando o procedimento de diferença crítica (Sheskin) e valores de contingência que não apresentaram valores significativos ($p < 0,05$) nos tempos 1, 60 e 120 dias

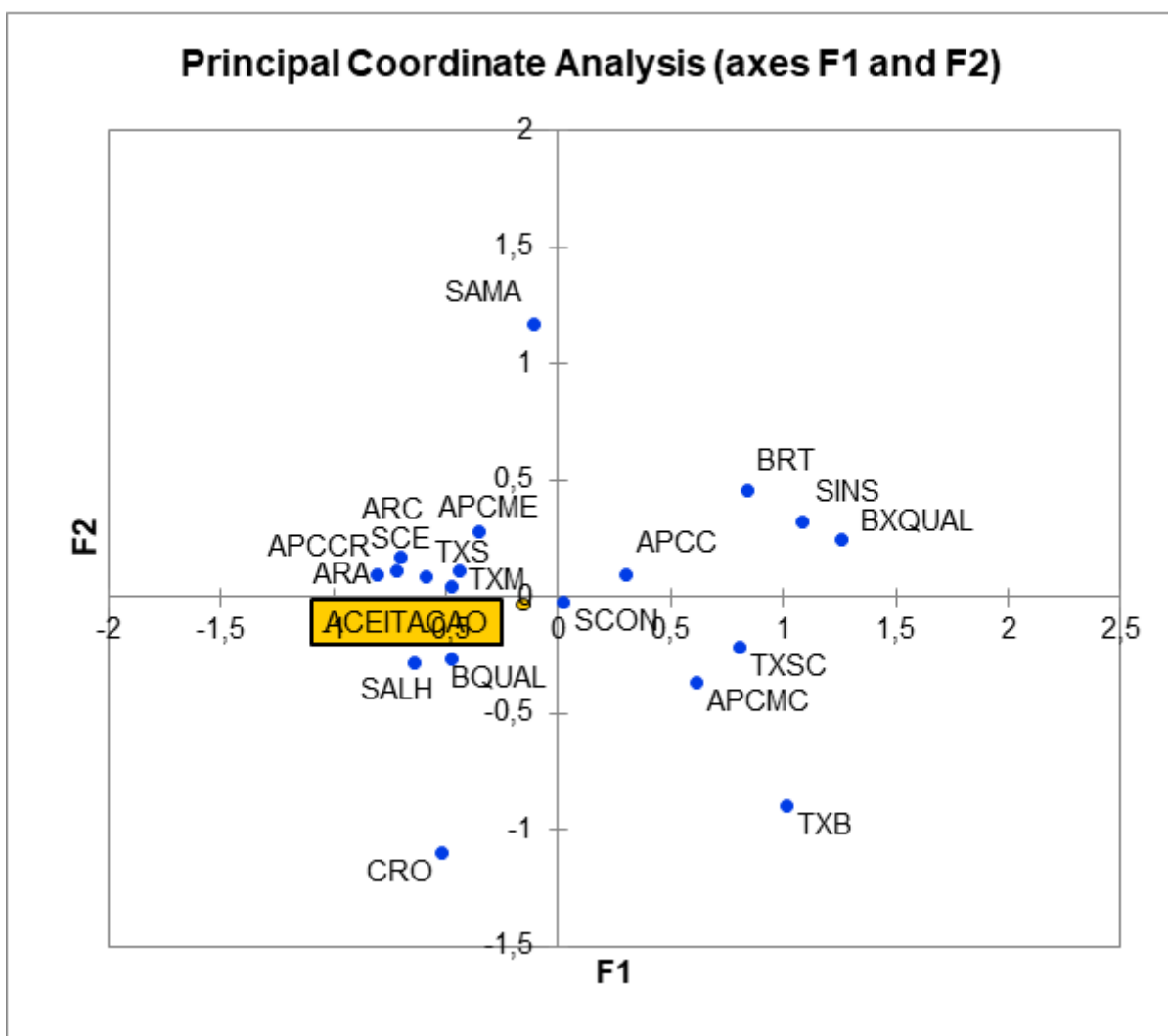
Tempo	Atributos de aparência do CATA	Controle	n	Papel	n	FAC	n	Valores de p
	Aparência queimado	0	0	0,020	2	0,050	5	0,066
	Mal passado	0,119	12	0,079	8	0,109	11	0,554
	Bem passado	0,525	53	0,475	48	0,485	49	0,678
	Cor rosa	0,030	3	0,030	3	0,020	2	0,819
1 dia	Aroma queimado	0	0	0,010	1	0,030	3	0,174
	Aroma característico de carne bovina	0,723	73	0,782	79	0,703	71	0,402
	Aroma estranho	0,099	10	0,079	8	0,030	3	0,101
	Aroma gordura	0,109	11	0,079	8	0,089	9	0,692

60 dias	Aroma ranço	0,059	6	0,030	3	0,020	2	0,307
	Aroma sangue	0,079	8	0,050	5	0,020	2	0,145
	Salgado	0,129	13	0,129	13	0,149	15	0,840
	Churrasco	0,218	22	0,257	26	0,267	27	0,673
	Sabor gorduroso	0,089	9	0,050	5	0,069	7	0,494
	Sabor rançoso	0,020	2	0,050	5	0,030	3	0,459
	Sabor oxidado	0	0	0	0	0,010	1	0,368
	Sabor artificial	0,129	13	0,099	10	0,050	5	0,108
	Sabor carne crua	0,050	5	0,050	5	0,040	4	0,926
	Sabor estranho	0,050	5	0,050	5	0,030	3	0,695
	Sabor ácido	0	0	0,010	1	0	0	0,368
	Sabor característico de carne bovina	0,475	48	0,495	50	0,475	48	0,941
	Sabor metálico	0,020	2	0,010	1	0,020	2	0,779
	Textura homogênea	0,149	15	0,139	14	0,149	15	0,965
	Textura granulosa	0,119	12	0,109	11	0,079	8	0,538
	Textura fibrosa	0,069	7	0,099	10	0,109	11	0,522
	Textura firme	0,267	27	0,307	31	0,218	22	0,266
	Sensação de saciedade	0,099	10	0,089	9	0,168	17	0,159
	Saudável	0,139	14	0,129	13	0,109	11	0,772
	Aparência queimado	0	0	0,011	1	0,043	4	0,074
	Mal passado	0,076	7	0,130	12	0,054	5	0,062
	Bem passado	0,467	43	0,467	43	0,543	50	0,311
	Cor rosa	0,033	3	0,054	5	0,065	6	0,459
	Aroma característico de carne bovina	0,750	69	0,793	73	0,641	59	0,050
	Aroma estranho	0,109	10	0,098	9	0,033	3	0,104
	Aroma gordura	0,174	16	0,087	8	0,109	10	0,146
	Aroma ranço	0,011	1	0,065	6	0,033	3	0,121
	Aroma sangue	0,043	4	0,098	9	0,033	3	0,109
	Salgado	0,185	17	0,141	13	0,196	18	0,472
	Churrasco	0,185	17	0,250	23	0,293	27	0,150
	Sabor gorduroso	0,054	5	0,087	8	0,098	9	0,504
	Sabor rançoso	0,054	5	0,043	4	0,011	1	0,236
	Sabor oxidado	0,022	2	0,033	3	0,011	1	0,607
	Sabor artificial	0,065	6	0,098	9	0,043	4	0,348
	Sabor amanteigado	0,087	8	0,022	2	0,054	5	0,067
	Sabor carne crua	0,054	5	0,043	4	0,043	4	0,913
	Sabor estranho	0,065	6	0,043	4	0,054	5	0,807
	Sabor ácido	0	0	0,011	1	0	0	0,368

	Sabor característico de carne bovina	0,576	53	0,554	51	0,554	51	0,927
	Sabor metálico	0,033	3	0,033	3	0,022	2	0,867
	Textura borrachento	0,152	14	0,196	18	0,087	8	0,079
	Textura homogênea	0,130	12	0,185	17	0,228	21	0,131
	Textura granulosa	0,141	13	0,152	14	0,141	13	0,962
	Textura fibrosa	0,130	12	0,087	8	0,098	9	0,538
	Textura firme	0,217	20	0,207	19	0,207	19	0,957
	Sensação de saciedade	0,141	13	0,109	10	0,174	16	0,309
	Baixa qualidade	0,152	14	0,152	14	0,098	9	0,353
	Saudável	0,130	12	0,163	15	0,130	12	0,733
	Mal passado	0,104	11	0,142	15	0,104	11	0,499
	Cor rosa	0,085	9	0,066	7	0,075	8	0,846
	Aroma característico de carne bovina	0,689	73	0,689	73	0,623	66	0,436
	Aroma gordura	0,113	12	0,075	8	0,132	14	0,355
	Aroma ranço	0,075	8	0,085	9	0,028	3	0,144
	Aroma sangue	0,009	1	0,047	5	0,009	1	0,069
	Salgado	0,179	19	0,217	23	0,189	20	0,629
	Sabor rançoso	0,057	6	0,038	4	0,028	3	0,558
	Sabor oxidado	0,009	1	0	0	0,009	1	0,607
	Sabor artificial	0,113	12	0,123	13	0,047	5	0,075
	Sabor amanteigado	0,047	5	0,057	6	0,094	10	0,350
120 dias	Condimentado	0,085	9	0,075	8	0,160	17	0,088
	Sabor carne crua	0,028	3	0,057	6	0,009	1	0,066
	Sabor estranho	0,019	2	0,066	7	0,019	2	0,062
	Sabor ácido	0,009	1	0	0	0,009	1	0,607
	Sabor característico de carne bovina	0,500	53	0,500	53	0,566	60	0,442
	Sabor metálico	0,030	4	0,028	3	0	0	0,156
	Textura homogênea	0,123	13	0,123	13	0,123	13	1,000
	Textura granulosa	0,151	16	0,160	17	0,132	14	0,738
	Textura fibrosa	0,132	14	0,094	10	0,047	5	0,104
	Textura firme	0,264	28	0,189	20	0,160	17	0,105
	Sensação de saciedade	0,151	16	0,160	17	0,189	20	0,648
	Saudável	0,075	8	0,057	6	0,094	10	0,580

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

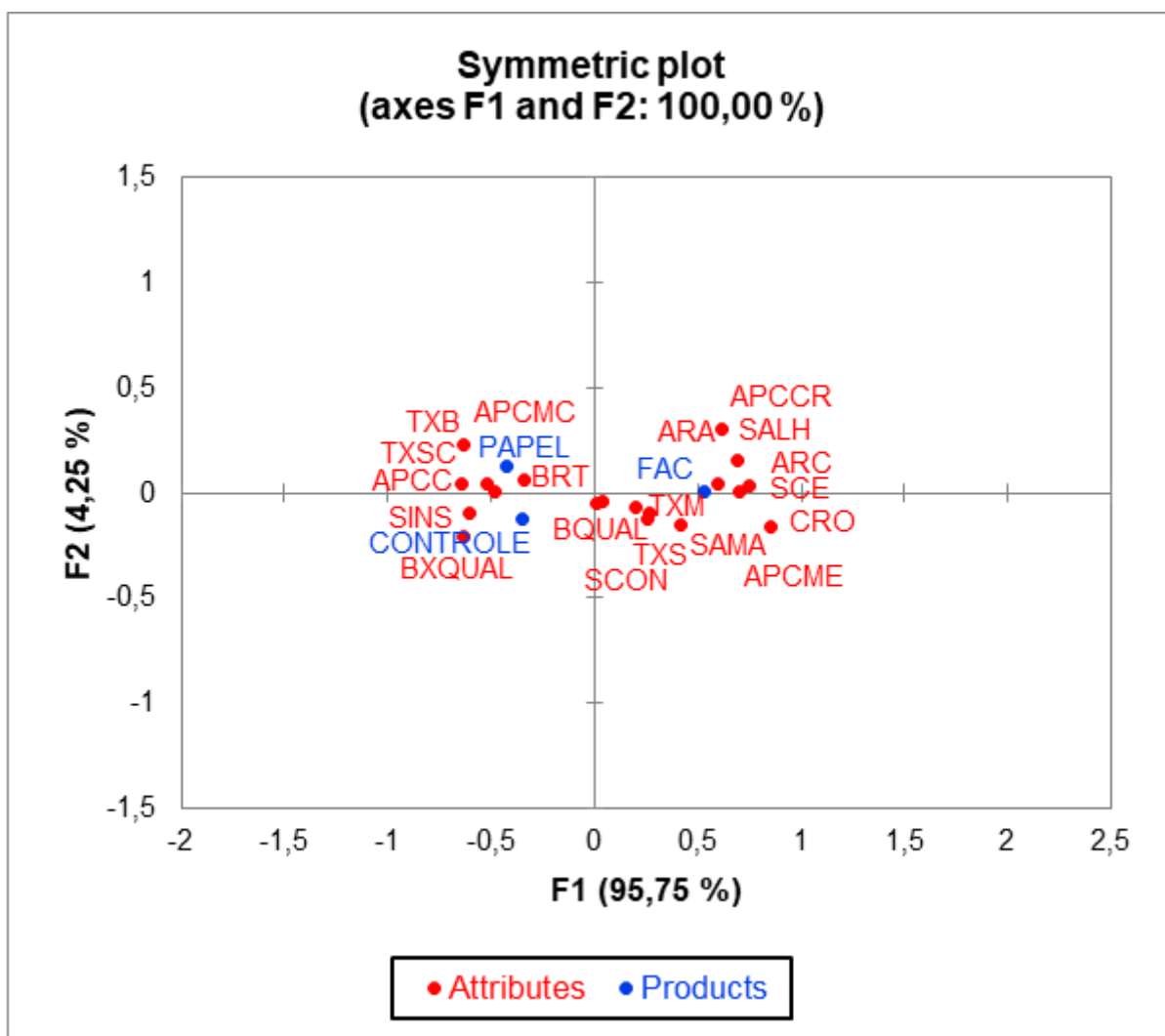
Figura 17a - Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com os atributos do CATA que apresentaram diferença significativa (($p < 0,05$)) - Tempo 0 (inicial)



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Legenda: APCMC: Aparência cor marrom claro, APCC: Aparência cor cinza, APCCR: Aparência com crosta, APCME: Aparência cor marrom escuro, TXB: Textura borrachenta, TXSC: Textura seca, TXM: Textura macia, TXS: Textura suculenta, SCON: Sabor condimentado, SAMA: Sabor amanteigado, SALH: sabor alho, SCE: Sabor cebola, SINS: Sabor insosso, ARA: aroma alho, ARC: aroma cebola, BXQUAL: Baixa qualidade, BQUAL: Boa qualidade, BRT: barato, CRO: Caro.

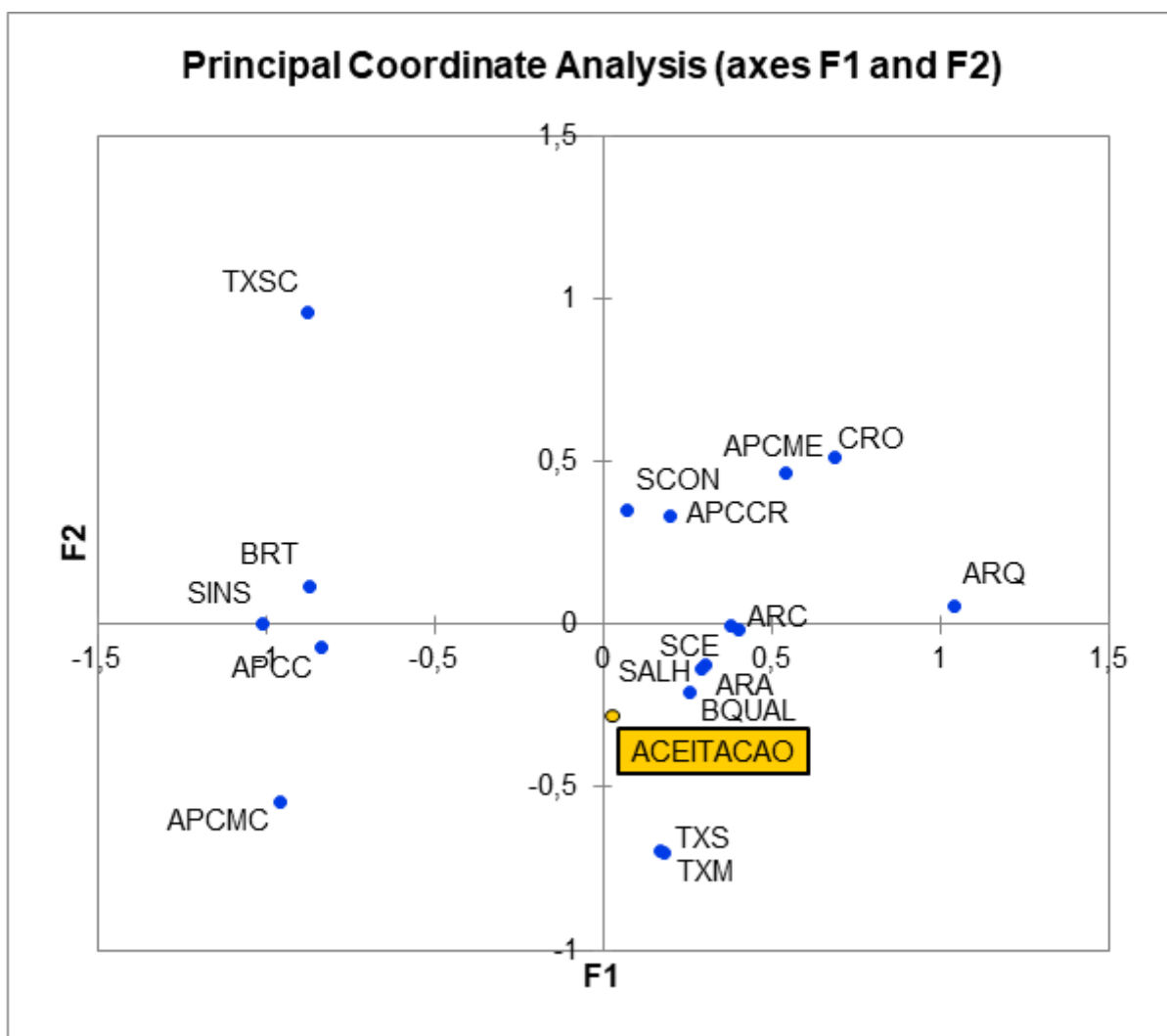
Figura 17b - Análise de Componentes Principais (ACP) com os atributos do CATA que apresentaram diferença significativa (($p < 0,05$)) - Tempo 0 (inicial)



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Legenda: APCMC: Aparência cor marrom claro, APCC: Aparência cor cinza, APCCR: Aparência com crosta, APCME: Aparência cor marrom escuro, TXB: Textura borrachenta, TXSC: Textura seca, TXM: Textura macia, TXS: Textura suculenta, SCON: Sabor condimentado, SAMA: Sabor amanteigado, SALH: sabor alho, SCE: Sabor cebola, SINS: Sabor insosso, ARA: aroma alho, ARC: aroma cebola, BXQUAL: Baixa qualidade, BQUAL: Boa qualidade, BRT: barato, CRO: Caro.

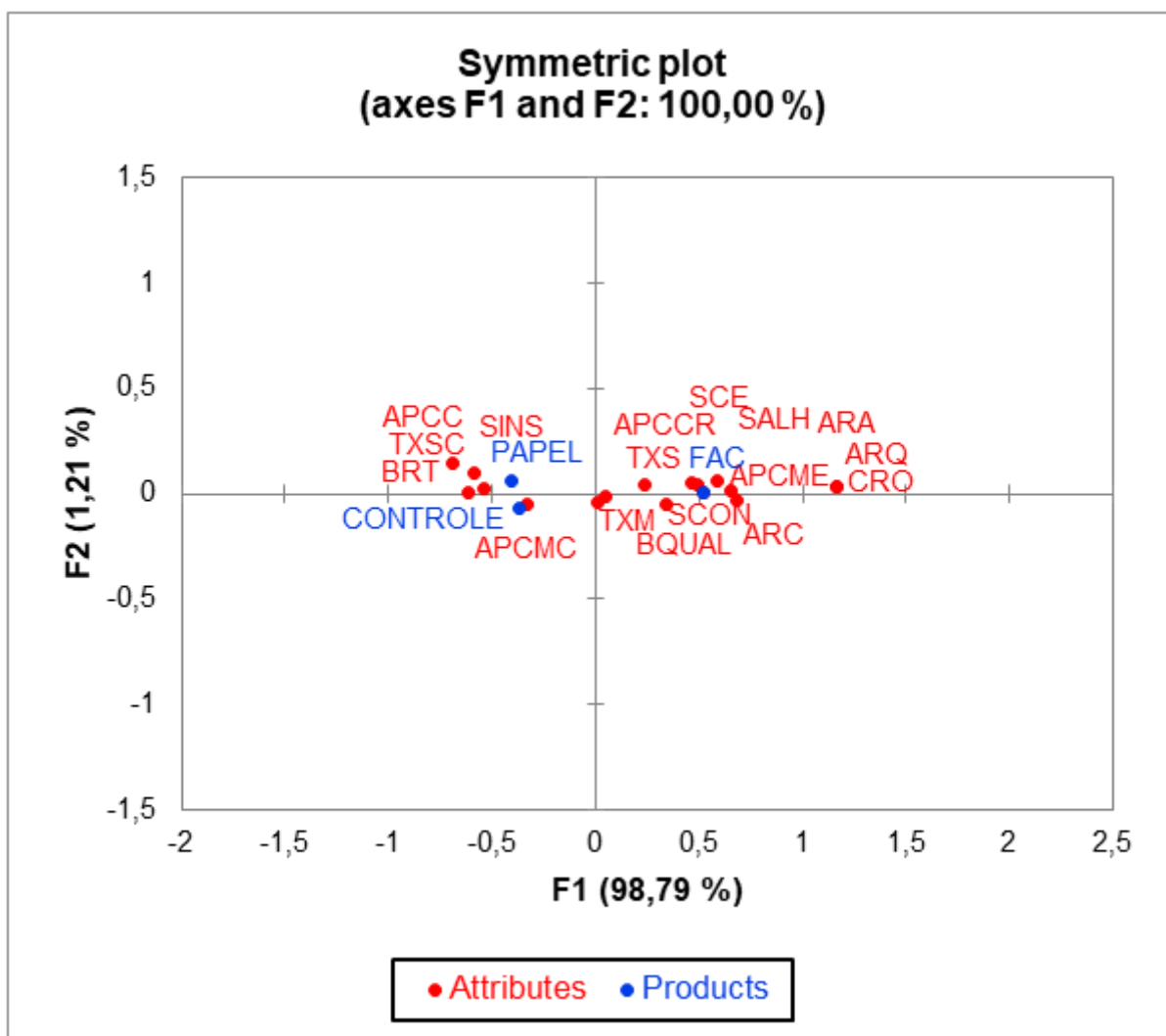
Figura 18a - Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com os atributos do CATA que apresentaram diferença significativa (($p < 0,05$)) - Tempo 60 dias



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Legenda: APCC: Aparência cor cinza, APCMC: Aparência cor marrom claro, APCCR: Aparência com crosta, APCME: Aparência cor marrom escuro, TXSC: Textura seca, TXS: Textura succulenta, TXM: Textura macia, SINS: Sabor insosso, SCE: Sabor cebola, SALH: Sabor alho, SCON: Sabor condimentado, ARA: Aroma alho, ARC: Aroma cebola, ARQ: Aroma queimado, CRO: caro, BQUAL: Boa qualidade, BRT: Barato.

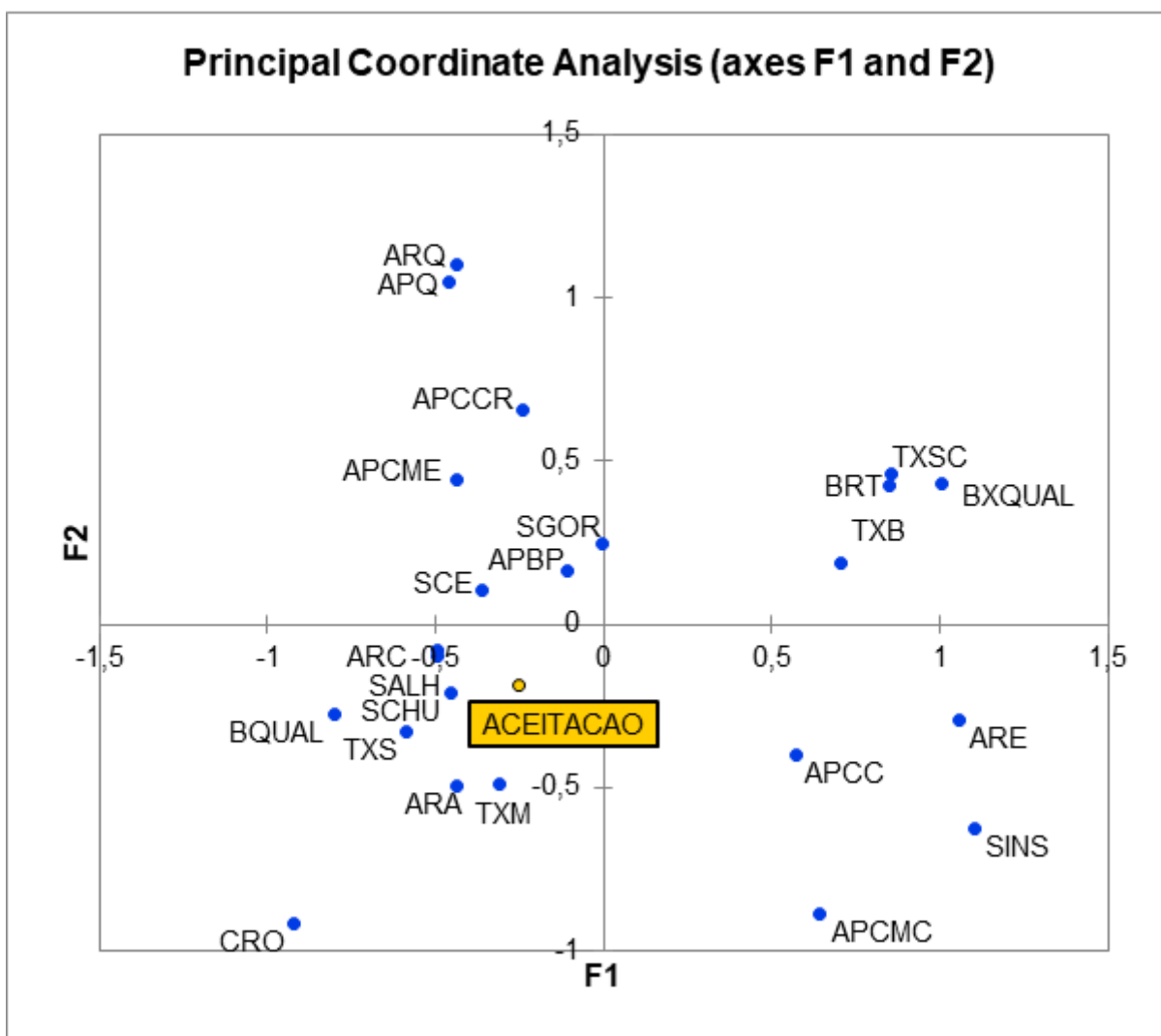
Figura 18b - Análise de Componentes Principais (ACP) com os atributos do CATA que apresentaram diferença significativa (($p < 0,05$)) - Tempo 60 dias



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Legenda: APCC: Aparência cor cinza, APCMC: Aparência cor marrom claro, APCCR: Aparência com crosta, APCME: Aparência cor marrom escuro, TXSC: Textura seca, TXS: Textura succulenta, TXM: Textura macia, SINS: Sabor insosso, SCE: Sabor cebola, SALH: Sabor alho, SCON: Sabor condimentado, ARA: Aroma alho, ARC: Aroma cebola, ARQ: Aroma queimado, CRO: caro, BQUAL: Boa qualidade, BRT: Barato.

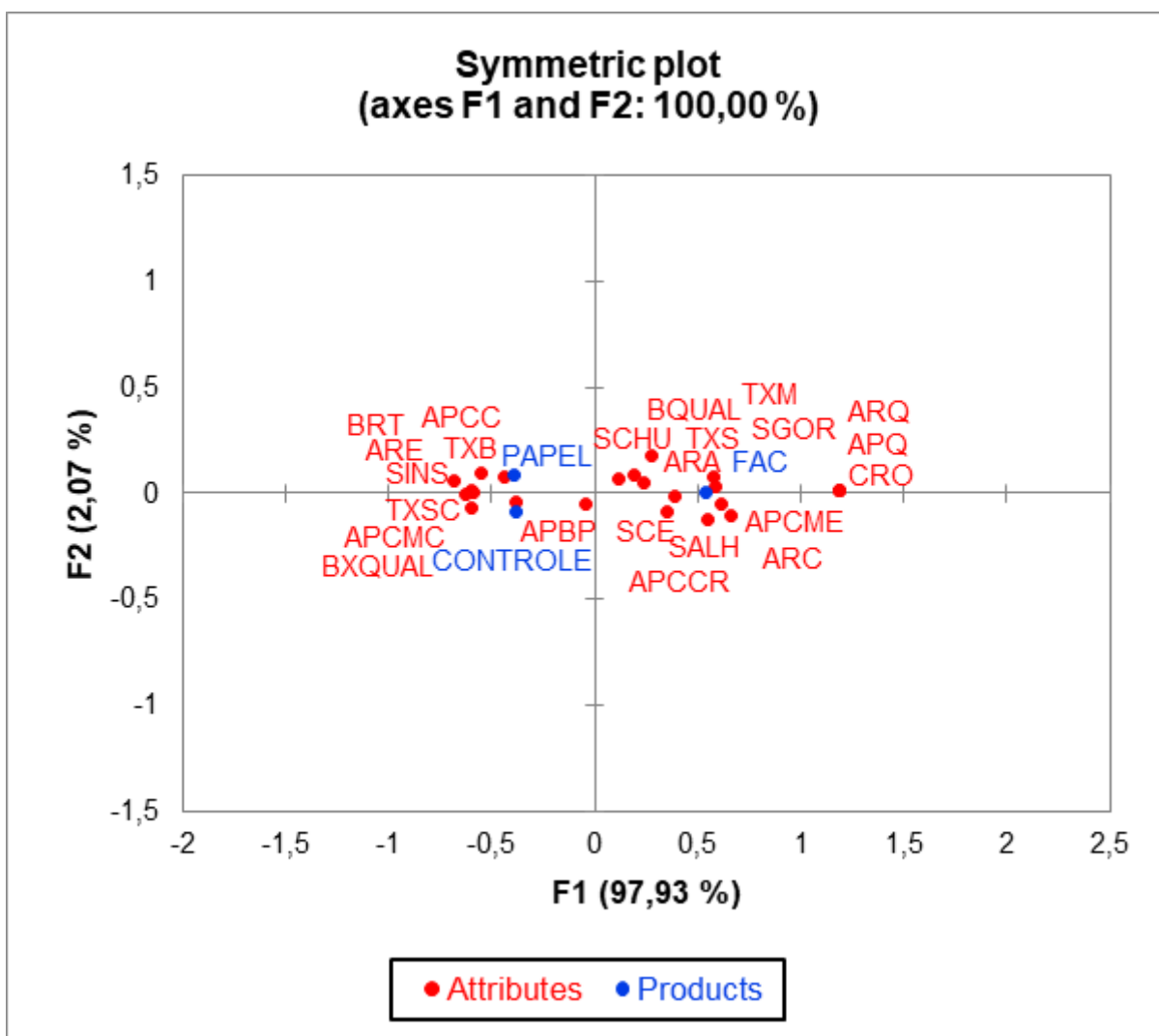
Figura 19a - Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com os atributos do CATA que apresentaram diferença significativa (($p < 0,05$)) - Tempo 120 dias



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Legenda: APCC: Aparência cor cinza, APCME: Aparência cor marrom escuro, APCMC: Aparência cor marrom claro, APCCR: Aparência com crosta, APBP: Aparência bem passado, APQ: Aparência queimado, ARE: Aroma estranho, ARC: Aroma cebola, ARA: Aroma alho, ARQ: Aroma queimado, TXB: Textura borrachenta, TXSC: Textura seca, TXS: Textura seca, TXM: Textura macia, SCHU: Sabor churrasco, SINS: Sabor insosso, SGOR: Sabor gorduroso, SCE: Sabor cebola, SALH: Sabor alho, BXQUAL: Baixa qualidade, BRT: Barato, CRO: caro, BQUAL: Boa qualidade.

Figura 19b - Análise de Componentes Principais (ACP) com os atributos do CATA que apresentaram diferença significativa (($p < 0,05$)) - Tempo 120 dias



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Legenda: APCC: Aparência cor cinza, APCME: Aparência cor marrom escuro, APCMC: Aparência cor marrom claro, APCCR: Aparência com crosta, APBP: Aparência bem passado, APQ: Aparência queimado, ARE: Aroma estranho, ARC: Aroma cebola, ARA: Aroma alho, ARQ: Aroma queimado, TXB: Textura borrachenta, TXSC: Textura seca, TXS: Textura seca, TXM: Textura macia, SCHU: Sabor churrasco, SINS: Sabor insosso, SGOR: Sabor gorduroso, SCE: Sabor cebola, SALH: Sabor alho, BXQUAL: Baixa qualidade, BRT: Barato, CRO: caro, BQUAL: Boa qualidade.

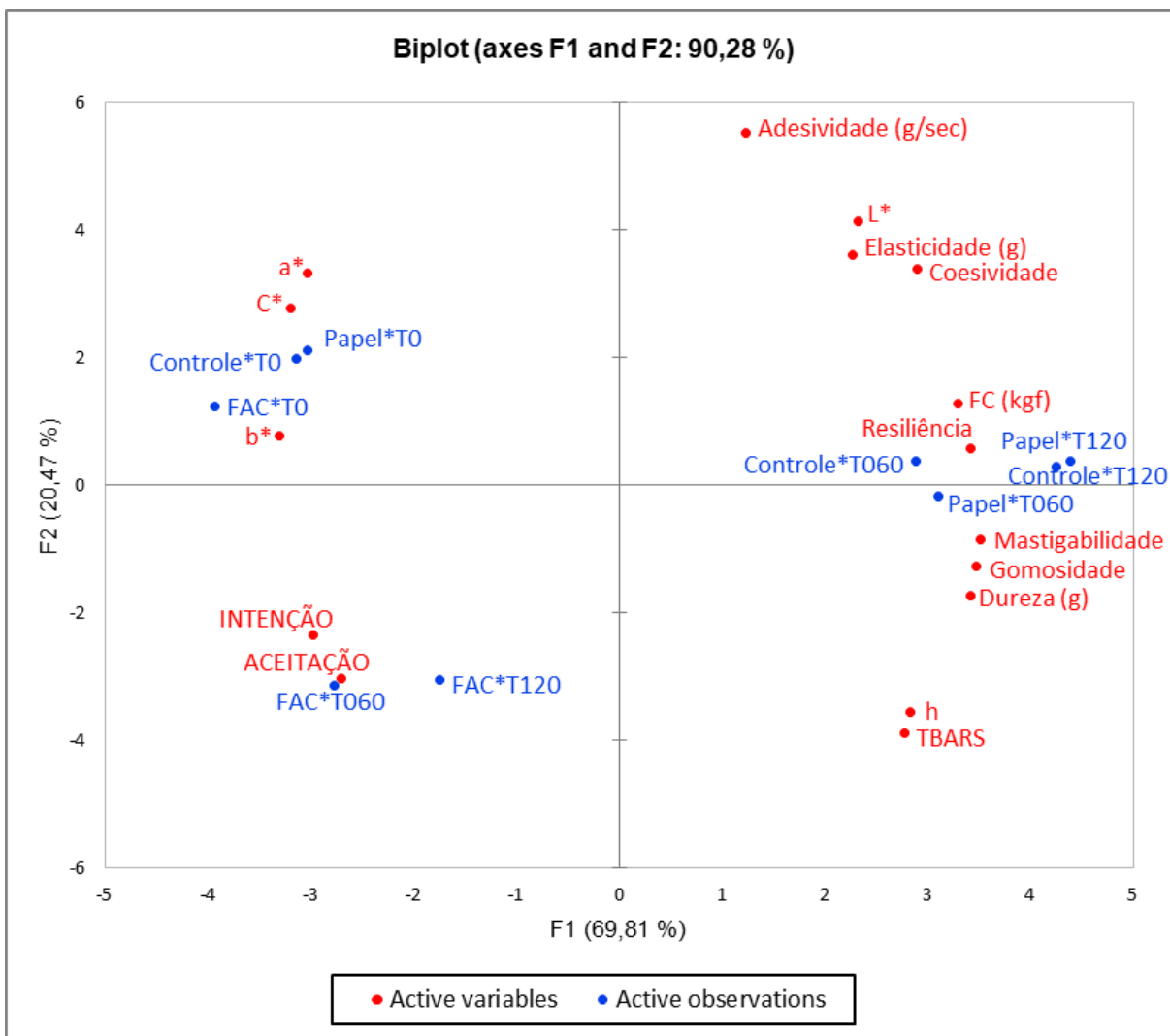
A análise de componentes principais (ACP) foi utilizada com o objetivo de reunir e interpretar os dados obtidos em todos os tempos analisados, uma vez que diversas variáveis foram avaliadas simultaneamente. Nesse caso, foram considerados parâmetros de cor (a^* , b^* , C^* e h), atributos de textura, como Força de

Cisalhamento (FC) e Análise de Perfil de Textura (TPA), oxidação lipídica (TBARS), além dos dados sensoriais de aceitação global e intenção de compra. Essa análise permite avaliar, de forma conjunta, como essas variáveis se relacionam entre si e como contribuem para a diferenciação das amostras. Com o intuito de compreender se alterações nas características físico-químicas e instrumentais, como cor, textura e oxidação, estão associadas à percepção sensorial dos consumidores. Dessa forma, a ACP auxilia na identificação das variáveis para explicar as diferenças entre as amostras, além de indicar quais amostras apresentam maior associação com a aceitação global e a intenção de compra. Assim, essa abordagem contribui para uma compreensão mais integrada dos fatores que influenciam a qualidade do produto e sua aceitação pelo consumidor.

Na figura 20, observa-se a análise de componentes principais (ACP) dos tratamentos de embalagens nos tempos zero, 60 e 120 dias, quando foram realizadas as análises de aceitação e intenção de compra, relacionando estes parâmetros com os de cor instrumental. (L^* , a^* , b^* , C e h), força de cisalhamento, parâmetros de perfil de textura (dureza, mastigabilidade, gomosidade, elasticidade e coesividade), mais oxidação lipídica (TBARS). Observou-se que os tratamentos no tempo zero posicionaram-se próximos às variáveis instrumentais de cor (a^* , b^* e C^*), indicando que as amostras apresentavam características visuais semelhantes sem distinção entre tratamentos aplicados. Entretanto, aos 60 e 120 dias, os tratamentos controle e papel deslocaram-se para a região associada a maiores valores de dureza, mastigabilidade, resiliência, gomosidade e força de cisalhamento (FC), sugerindo maior enrijecimento da matriz cárnea durante o tempo de armazenamento. Em contraste, o tratamento FAC, nos tempos 60 e 120 dias, manteve-se mais distante das variáveis relacionadas ao aumento da rigidez estrutural do hambúrguer, o qual é possível evidenciar através dos parâmetros de TPA, como a dureza, mastigabilidade, resiliência e gomosidade, indicando maior maciez ao longo do armazenamento. Além disso, observa-se que, nos tempos de 60 e 120 dias de armazenamento, o tratamento com FAC apresentou maior proximidade com as variáveis de aceitação e intenção de compra, indicando associação positiva entre esse tratamento e a preferência do consumidor ao longo do armazenamento.

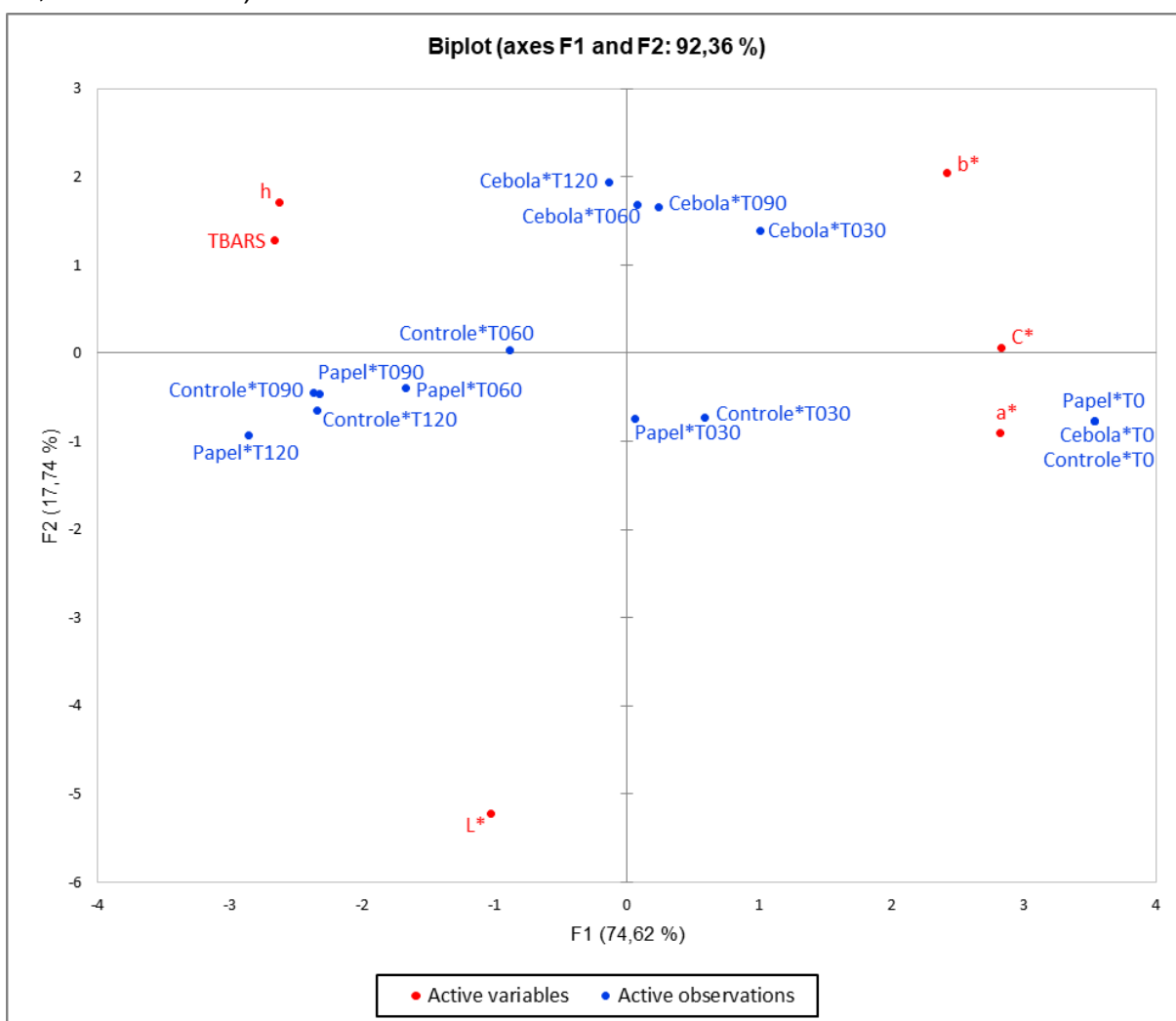
Na figura 21, foram relacionadas as variáveis cor (a^* , b^* , C^* , h) e TBARS, para todos os tempos estudados (zero, 20, 60, 90 e 120 dias), sendo que as amostras de todos os tratamentos dos tempos iniciais apresentaram maior associação com os parâmetros de cor a^* e C^* , indicando predominância de características relacionadas à intensidade de coloração, especialmente no tom vermelho e na saturação da cor. Em relação ao parâmetro b^* , o qual representa a cor amarela, foi mais associado ao tratamento com FAC nos tempos de 30 e 90 dias. Em contrapartida, as amostras armazenadas por períodos mais longos estiveram mais associadas aos valores de TBARS e ao parâmetro h^* , sugerindo maior grau de oxidação lipídica e alterações na tonalidade da cor ao longo do armazenamento. Adicionalmente, observa-se uma correlação positiva entre TBARS e h^* , indicando que o aumento da oxidação lipídica está relacionado a modificações no matiz das amostras. Por outro lado, a variável L^* apresentou comportamento distinto, posicionando-se de forma isolada no plano, o que sugere que a luminosidade não acompanhou o mesmo padrão das demais variáveis.

Figura 20 - Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis de cor (a^* , b^* , C^* , h), Força de Cisalhamento (FC), Análise de Perfil de Textura (TPA), TBARS, aceitação global e intenção de compra com os tratamentos (controle, papel e FAC) e os tempos (0 (inicial), 60 e 120 dias)



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 21 - Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis cor (a^* , b^* , C^* , h) e TBARS com os tratamentos (controle, papel e FAC) e os tempos (0 (inicial), 30, 60, 90 e 120 dias)



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que o tipo de embalagem influenciou a estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de hambúrgueres bovinos congelados ao longo de 120 dias de armazenamento. Dentre os tratamentos avaliados, o hambúrguer bovino revestido com filme comestível à base de alho (*Allium sativum* L.) e cebola (*Allium cepa* L.) apresentou desempenho superior, evidenciado pela menor variação de cor durante o armazenamento, menor perda por cocção e melhores características de textura, especialmente maior maciez, quando comparado ao tratamento controle e ao papel vegetal. Além disso, esse tratamento esteve associado a atributos sensoriais positivos e obteve maior aceitação global e intenção de compra em todos os tempos analisados, o que pode influenciar favoravelmente a escolha do consumidor no momento da compra. De forma geral, os resultados indicam que o filme comestível desenvolvido apresenta potencial como alternativa tecnológica para a conservação e o prolongamento da vida de prateleira de hambúrgueres bovinos congelados.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST – Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Panorama dos Resíduos Plásticos Pós-consumo no Brasil**. São Paulo: ABIPLAST, 2023. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br>. Acesso em: 24 jul. 2025.

ALEXANDRE, A. C. S.; et al. Effect of natural and synthetic antioxidants on oxidation and storage stability of mechanically separated tilapia meat. **LWT**, v. 154, p. 112679, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112679>

ALVES MAURICIO, R.; CAMPOS, J. A. D. B.; NASSU, R. T. Meat with edible coating: Acceptance, purchase intention and neophobia. **Food Research International**, v. 154, p. 111002. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111002>

ALVES MAURICIO, R.; et al. Development and characterization of edible films from onion and garlic purees via continuous casting for scalable active food packaging. **Journal of Food Measurement and Characterization**, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-026-04361-3>

AMARAL, A. B.; DA SILVA, M. V.; LANNES, S. C. S. Lipid oxidation in meat: Mechanisms and protective factors—A review. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 1–15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.32518>.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat Color Measurement Guidelines**. Champaign: American Meat Science Association, 2012. Disponível em: https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/hot-topics/2012_12_meat_clr_guide.pdf. Acesso em: 18 fev. 2026

AMJADI, S.; et al. Multifunctional betanin nanoliposomes-incorporated gelatin/chitosan nanofiber/ZnO nanoparticles nanocomposite film for fresh beef preservation. **Meat Science**, v. 167, p. 108161, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108161>

ANGIOLETTI, B. L.; et al. Improving beef burger quality during cold storage: effect of Aloe vera gel, packaging, and temperature. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 27, e2024033, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0332024>.

ANTONINI, E.; et al. Nutritional, antioxidant and sensory properties of functional beef burgers formulated with chia seeds and goji puree, before and after in vitro digestion. **Meat Science**, v. 161, p. 108021, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatscience.2019.108021>

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19. ed. Gaithersburg: AOAC, 2012a. Método 990.26.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19. ed. Gaithersburg: AOAC, 2012b. Método 991.36.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19. ed. Gaithersburg: AOAC, 2012c.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19. ed. Gaithersburg: AOAC, 2012d. Cap. 39, Método 950.46b.

ATANASOVA, N.; et al. Plastic degradation by extremophilic bacteria. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 11, p. 5610, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22115610>.

AZEREDO, H. M. C.; OTONI, C. G.; MATTOSO, L. H. C. Edible films and coatings – Not just packaging materials. **Current Research in Food Science**, v. 5, p. 1590–1595, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.09.008>.

BADAR, I. H.; et al. Effect of flaxseed-derived diglyceride-based high internal phase Pickering emulsion on the quality characteristics of reformulated beef burgers. **Meat Science**, v. 212, p. 109474, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109474>

BARBERA, S.; TASSONE, S. Meat cooking shrinkage: Measurement of a new meat quality parameter. **Meat Science**, v. 73, p. 467–474, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.01.011>

BARBOSA, T. C. M.; et al. Effect of active gelatin-starch film containing Syzygium cumini and Origanum vulgare extract on the preservation of lamb burgers. **Meat Science**, v. 191, p. 108844, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108844>

BARRETO, M. R.; et al. Genotoxicological safety assessment of puree-only edible films from onion bulb (*Allium cepa* L.) for use in food packaging-related applications. **Journal of Food Science**, v. 85, n. 1, p. 201–208, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14977>.

BARTOCCI, P.; et al. LCA analysis of food waste co-digestion. **Science of the Total Environment**, v. 709, p. 136187, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136187>.

BATIHA, G. E. S.; et al. *Rhus coriaria* L. (Sumac), a versatile and resourceful food spice with cornucopia of polyphenols. **Molecules**, v. 27, p. 5179, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27165179>.

BENNETT, R. W.; HAIT, J. M.; TALLENT, S. M. *Staphylococcus aureus* and staphylococcal enterotoxins. In: SALFINGER, Y.; TORTORELLO, M. L. (ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 5. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2015. p. 509–526.

BHARGAVA, N.; et al. Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: a review. **Trends in Food**

Science & Technology, v. 105, p. 385–401, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.015>.

BHAT, Z. F.; et al. Edible packaging systems for enhancing the sensory quality of animal-derived foods. **Food Chemistry**, v. 428, p. 136809, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136809>

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 32, p. 62–72, 1978.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 27, de 6 de agosto de 2010. Dispõe sobre as categorias de alimentos e embalagens isentos e com obrigatoriedade de registro sanitário. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 9 ago. 2010. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/rdc0027_06_08_2010.html. Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 91, de 11 de maio de 2001. Regulamento técnico – Critérios gerais e classificação de materiais para embalagens e equipamentos em contato com alimentos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 2001. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/rdc0091_11_05_2001.html. Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 240, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre as categorias de alimentos e embalagens dispensados e com obrigatoriedade de registro sanitário. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 27 jul. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/34631601. Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Produção de carnes ultrapassa 31 milhões de toneladas em 2024 e atinge novo recorde na série histórica**. Brasília, DF: CONAB, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5906-producao-de-carnes-ultrapassa-31-milhoes-de-toneladas-em-2024-e-atinge-novo-recorde-na-serie-historica>. Acesso em: 29 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Métodos Oficiais para Análise de Produtos de Origem Animal**. Brasília, DF: MAPA/SDA, 2017. Parte I, cap. 1, p. 8.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Métodos Oficiais para Análise de Produtos de Origem Animal**. Brasília, DF: MAPA/SDA, 2022. Método 1.26, p. 22. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/lfda/legislacao-metodos-da-rede-lfda/po-a/metodos_oficiais_para_analise_de_produtos_de_origem_animal-_1a_ed-_2022_aassinado.pdf. Acesso em: 29 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SDA nº 724, de 23 de dezembro de 2022. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Hambúrguer. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sda-n-724-de-23-de-dezembro-de-2022-456055130>. Acesso em: 29 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SDA nº 664, de 30 de setembro de 2022. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Carne Moída. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sda-n-664-de-30-de-setembro-de-2022-433278402>. Acesso em: 24 jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Instrução Normativa nº 313/2024. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2024/09/INSTRUCAO-NORMATIVA-No-313-DE-4-DE-SETEMBRO-DE-2024.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2025.

DA CONCEIÇÃO JORGE, E.; et al. Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. **Meat Science**, v. 100, p. 124-133, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.002>

DE ALENCAR, M. G.; et al. A. et al. Grape skin flour obtained from wine processing as an antioxidant in beef burgers. **Meat Science**, v. 194, p. 108963, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108963>.

DE MORI, C.; NASSU, R. T.; LANGE, T. N. **Uso de embalagens e revestimento comestível em carne bovina in natura e derivados em estabelecimentos de comércio varejistas em São Carlos, SP**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2024. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 64). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1170175>. Acesso em: 26 dez. 2025.

DEEPIKA; MAURYA, P. K. Health benefits of quercetin in age-related diseases. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 27, n. 8, p. 2498, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27082498>.

DÍAZ-MONTES, E.; CASTRO-MUÑOZ, R. Edible films and coatings as food-quality preservers: an overview. **Foods (Basel, Switzerland)**, v. 10, n. 2, p. 249, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10020249>.

DO NASCIMENTO, N. P.; et al. Enhancing the quality and antioxidant properties of beef burgers with dried Hibiscus sabdariffa L. leaves: characterization and sensory evaluation. **Food Bioscience**, v. 57, p. 103568, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103568>

DOMÍNGUEZ, R.; et al. Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. **Food Research International**, v. 113, p. 93-101, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.073>

DOMÍNGUEZ, R.; et al.. A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. **Antioxidants (Basel, Switzerland)**, v. 8, n. 10, p. 429, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>

DOS SANTOS, B. M. M.; PIZATO, S.; CORTEZ-VEGA, W. R. Natural edible films and coatings applied in food: a bibliographic review. **Research, Society and Development**, v. 9, e578997613, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7613>.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT: produção de cebola (Onions, dry)**. Roma: FAO, 2025. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat>. Acesso em: 30 jul. 2025.

FOOD MARKETING INSTITUTE. **Power of Meat 2025 – Top 10 Findings**. 2025. Disponível em: https://www.fmi.org/docs/default-source/research/power_of_meat_2025_top_10_final.pdf?sfvrsn=9bff7e99_1. Acesso em: 24 jan. 2026.

GATES, E. G.; CROOK, N. The biochemical mechanisms of plastic biodegradation. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 48, n. 6, fuae027, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsre/fuae027>.

GEISSDOERFER, M.; et al. The circular economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757–768, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.

GIANNOULIS, N.; et al. Enhancing the safety and shelf life of beef and plant-based burgers by combining High Hydrostatic Pressure (HHP) with nisin or a blueberry-derived product. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 107, p. 104314, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2025.104314>

GRASSO, S.; et al. Effect of texturised soy protein and yeast on the instrumental and sensory quality of hybrid beef meatballs. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, p. 3126–3135, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3552-9>

GUIMARÃES, N. S.; et al. Plate food waste in food services: a systematic review and meta-analysis. **Nutrients**, v. 16, n. 10, p. 1429, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu16101429>.

HARTMANN, G. L.; et al. Addition of pumpkin peel flour affects physicochemical and sensory characteristics of bovine burger. **International Journal of Research**, v. 8, n. 2, p. 254-263, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3709208>

HAWLEY, A. L.; et al. The potential role of beef and nutrients found in beef on outcomes of wellbeing in healthy adults 50 years of age and older: a systematic

review of randomized controlled trials. **Meat Science**, v. 189, p. 108830, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108830>

HERAS, M.; et al. Trends in chitosan-based films and coatings: A systematic review of the incorporated biopreservatives, biological properties, and nanotechnology applications in meat preservation. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 42, p. 101259, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2024.101259>

HOLMAN, B.W.B.; et al. Using instrumental (CIE and reflectance) measures to predict consumers's acceptance of beef color. **Meat Science**, v. 127, p. 57-62, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.005>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **2024 registra recorde no abate de bovinos, frangos e suínos**. Brasília, DF: IBGE, 2025.

Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/42898-2024-registra-recorde-no-abate-de-bovinos-frangos-e-suinos>.

Acesso em: 24 jul. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of β -glucuronidase-positive Escherichia coli**. ISO 16649-2:2001. Geneva: ISO, 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Microbiology of food chain – Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella. Part 1: Detection of Salmonella spp**. ISO 6579-1:2017. Geneva: ISO, 2017.

KIM, W.; RYU, J. H.; KIM, Y. Application of yuba films for preserving beef patties. **LWT**, v. 131, p. 109746, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109746>

LIWARSKA-BIZUKOJC, E. Effect of (bio)plastics on soil environment: A review. *Science of Total Environment*. **Science of The Total Environment**, v. 795, p. 148889, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148889>

MACHARÁČKOVÁ, B.; et al. Cooking loss in retail beef cuts: The effect of muscle type, sex, ageing, pH, salt and cooking method. **Meat Science**, v. 171, p. 108270, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108270>

MILLER, O.; SCARLETT, C. J.; AKANBI, T. O. Lipid stability profiles of uncooked plant-based meat analogue burger patties and comparison of their textural and sensory properties with traditional beef burger patties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 147, p. 108002, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.108002>

MOKRZYCKI, W. S.; TATOL, M. Colour difference ΔE – A survey. **Machine Graphics and Vision**, v. 20, n. 4, p. 383–411, 2012.

MUJOVIĆ, M.; et al. Effects of dill (*Anethum graveolens*) essential oil and lipid extracts as novel antioxidants and antimicrobial agents on the quality of beef burger. **Foods (Basel, Switzerland)**, v. 13, n. 6, p. 896, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13060896>.

NEVILLE, M.; et al. Consumer-orientated development of hybrid beef burger and sausage analogues. **Food Science & Nutrition**, v. 5, n. 4, p. 852–864, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.466>.

NIMSE, S. B.; PAL, D. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. **RSC Advances**, v. 5, p. 27986–28006, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1039/C4RA13315C>

OLIVERA, D. F.; et al. Kinetics of colour and texture changes of beef during storage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p. 821–825, 2012. DOI: [10.1007/s13197-012-0885-7](https://doi.org/10.1007/s13197-012-0885-7)

OLIVEIRA FILHO, J. G.; EGEEA, M. B. Edible bioactive film with curcumin: a potential “functional” packaging? **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 10, p. 5638, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23105638>.

OSWELL, N.; THIPPAREDDI, H.; PEGG, R. B. Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review. **Meat Science**, v. 145, p. 469–479, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.020>

OTONI, C. G.; et al. Recent advances on edible films based on fruits and vegetables—a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 5, p. 1151–1169, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12281>.

OZDEMIR, M.; FLOROS, J. D. Active food packaging technologies. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n. 3, p. 185–193, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408690490441578>.

PURSLOW, P. P.; et al. The structural basis of cooking loss in beef: Variations with temperature and ageing. **Food Research International**, v. 89, p. 739–748, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.09.010>

QUEVEDO, R.; et al. Kinetic modeling of deterioration of frozen industrial burgers based on oxidative rancidity and color. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 7, p. e13655, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13655>

RAMANATHAN, R.; et al. Economic loss, amount of beef discarded, natural resources wastage, and environmental impact due to beef discoloration. **Meat and Muscle Biology**, v. 6, n. 1, p. 13218, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22175/mmb.13218>

RYSER, E.; SCHUMAN, J.D. Mesophilic aerobic plate count. In: SALFINGER, Y., and TORTORELLO, M.L. **Compendium of methods for the microbiological**

examination of foods. 5 ed, American Public Health Association, Washington, DC, 2015. cap. 8, p. 95-101.

REN, F.; et al. Higher Antioxidant Activity, Total Flavonols, and Specific Quercetin Glucosides in Two Different Onion (*Allium cepa* L.) Varieties Grown under Organic Production: Results from a 6-Year Field Study. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 65, n. 25, p. 5122–5132, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01352>

ROCCHETTI, G.; BECCHI, P., P.; LUCINI, L.. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) Encapsulated Extracts as Meat Extenders against Lipid and Protein Oxidation during the Shelf-Life of Beef Burgers. **Antioxidants**, v. 11, p. 2130, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11112130>

ROILA, R.; et al. Effect of the application of a green preservative strategy on minced meat products: antimicrobial efficacy of olive mill wastewater polyphenolic extract in improving beef burger shelf-life. **Foods (Basel, Switzerland)**, v. 11, n. 16, p. 2447, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11162447>

ROLDÁN, E.; et al. Characterisation of onion (*Allium cepa* L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. **Food Chemistry**, v. 108, p. 907-916, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.058>

SALUEÑA, B. H.; et al. CIELAB color paths during shelf life. **Meat Science**, v. 157, p. 107889, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107889>

SOARES, K. S.; et al. Effect of Edible Onion (*Allium cepa* L.) Film on Quality, Sensory Properties and Shelf Life of Beef Burger Patties. **Molecules**, v. 26, n.23, p. 7202, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26237202>

SOUZA, M. P.; et al. Development and Characterization of an Active Chitosan- Based Film Containing Quercetin. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 11, p. 2183–2191, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1580-2>

SØRENSEN G, JØRGENSEN SS. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **European Food Research & Technology**, v. 202, p. 205-210, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01263541>

SU, L.; et al. Protecting meat color: The interplay of betanin red and myoglobin through antioxidation and coloration. **Food Chemistry**, v. 442, p. 138410, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138410>

TALIB, W. H.; et al. Allicin and Cancer Hallmarks. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 29, n. 6, p. 1320, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29061320>

TANZER, M.; et al. Phthalates, bisphenols and per-and polyfluoroalkyl substances migration from food packaging into food: a systematic review. **Rev Environ Health**, v. 40, n. 3, p. 616-625, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1515/reveh-2025-0027>

TOPUZ, F.; UYAR, T. Antioxidant, antibacterial and antifungal electrospun nanofibers for food packaging applications. **Food Research International**, v. 130, p. 108927, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108927>

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v. 70, p. 493-508, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.021>

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Livestock and Poultry: World Markets and Trade 2025**. USDA, 2025. Disponível em: https://www.fas.usda.gov/sites/default/files/2025-12/livestock_poultry.pdf. Acesso em: 18 dez. 2025.

VASAVADA, P.C., CRITZER, F.J. Psychrotrophic microorganisms. In: SALFINGER, Y., and TORTORELLO, M.L. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 5 ed, American Public Health Association, Washington, DC, 2015, p. 175-189.

VIANA, R.M.; et al. Nanofibrillated bacterial cellulose and pectin edible films added with fruit purees. **Carbohydrate Polymers**, v. 196, p. 27-32, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.05.017>

VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, Leinfelden-Echterdingen, v. 72, n. 12, p. 1084–1087, 1970. DOI: <https://doi.org/10.1002/lipi.19700721218>

VYNCKE, W. Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel (*Scomber scombrus* L.). **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, Leinfelden-Echterdingen, v. 77, n. 6, p. 239–240, 1975. DOI: <https://doi.org/10.1002/lipi.19750770610>

ZHANG, B.; et al. Effects of ginger essential oil on physicochemical and structural properties of agar–sodium alginate bilayer film and its application to beef refrigeration. **Meat Science**, v. 198, p. 109051, 2023. DOI: [10.1016/j.meatsci.2022.109051](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109051).

Apêndice A. Ficha de aceitação global, intenção de compra e CATA

NOME: _____ DATA: _____

1. Por favor, avalie a amostra servida e indique o quanto você gostou ou desgostou do produto, em relação à aceitação global. Em seguida, indique na escala ao lado, o grau de certeza com que você compraria ou não este produto:

AMOSTRA Nº _____

ACEITAÇÃO GLOBAL

- ☐ Gostei extremamente
- ☐ Gostei muito
- ☐ Gostei moderadamente
- ☐ Gostei ligeiramente
- ☐ Não gostei nem desgostei
- ☐ Desgostei ligeiramente
- ☐ Desgostei moderadamente
- ☐ Desgostei muito
- ☐ Desgostei extremamente

INTENÇÃO DE COMPRA

- ☐ Certamente compraria
- ☐ Provavelmente compraria
- ☐ Talvez sim / talvez não
- ☐ Provavelmente não compraria
- ☐ Certamente não compraria

Por favor, comente o que você mais gostou e o que menos gostou na amostra:

MAIS GOSTOU: _____

MENOS GOSTOU: _____

2. Agora, assinale TODOS os atributos que você acha que se aplicam a esta amostra que experimentou:

APARÊNCIA

- ☐ Cor marrom claro
- ☐ Cor marrom escuro
- ☐ Queimado
- ☐ Mal passado
- ☐ Bem passado
- ☐ Cor rosa
- ☐ Cor cinza
- ☐ Tem crosta

AROMA

- ☐ Cebola
- ☐ Alho
- ☐ Queimado
- ☐ Característico de carne bovina
- ☐ Estranho
- ☐ Gordura
- ☐ Ranço
- ☐ Sangue

SABOR

- ☐ Salgado
- ☐ Churrasco
- ☐ Cebola
- ☐ Alho
- ☐ Insosso
- ☐ Gorduroso
- ☐ Rançoso
- ☐ Oxidado
- ☐ Artificial
- ☐ Amanteigado
- ☐ Condimentado
- ☐ Carne crua
- ☐ Estranho
- ☐ Ácido
- ☐ Característico de carne bovina
- ☐ Metálico

TEXTURA

- ☐ Macio
- ☐ Borrachento
- ☐ Homogêneo
- ☐ Suculento
- ☐ Seco
- ☐ Granuloso
- ☐ Fibroso
- ☐ Firme

OUTROS ATRIBUTOS

- ☐ Sensação de saciedade
- ☐ Boa qualidade
- ☐ Baixa qualidade
- ☐ Barato
- ☐ Saudável
- ☐ Caro

Apêndice B. Ficha do perfil de consumidor de hambúrgueres bovinos

NOME: _____ DATA: _____

SEXO: M () F ()

IDADE: () Até 20 anos () 21 a 35 anos () 36 a 45 anos
() 46 a 50 anos () Mais de 50 anosGRAU DE ESCOLARIDADE: Ensino Fundamental: () completo () incompleto
Ensino Médio: () completo () incompleto
Ensino Superior: () completo () incompleto
Pós-Graduado: () mestrado () doutorado

1. Qual a sua renda mensal?

- () Inferior a R\$ 1.000,00
() De R\$ 1.001,00 a R\$ 3.000,00
() De R\$ 3.001,00 a R\$ 5.000,00
() De R\$ 5.001,00 a R\$ 7.000,00
() Superior a R\$ 7.001,00

2. Com que frequência você consome hambúrguer bovino?

- () 1 vez por semana
() 2-3 vezes por semana
() 4 vezes ou mais por semana
() Todos os dias
() Nunca

3. Qual(s) o(s) modo(s) de consumo do hambúrguer bovino? **(assinale todas as alternativas que se aplicarem)**

- () assado () churrasco () sanduíche () bem passado () grelhado () frito () como acompanhamento () ao ponto/mal passado

4. O que leva você a comprar/consumir hamburger?

- () Costume
() Saboroso/apetitoso
() Preço
() Saudável
() Qualidade
() Outro motivo. Qual? _____

5. Se preocupa com a quantidade de aditivos presente no hamburger? () Sim () Não

6. Onde consome o produto?

- () Em casa () Lanchonete/restaurante () Outro local: _____

Apêndice C. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do estudo: ANÁLISE SENSORIAL DE FILMES À BASE DE ALIÁCEAS E SEUS EFEITOS EM PRODUTOS CÂRNEOS

Pesquisador(a) responsável: Renata Tieko Nassu

Endereço do(a) pesquisador(a) responsável: Embrapa Pecuária Sudeste. Rodovia Washington Luiz, km 234 – Fazenda Canchim, C.P. 339 – São Carlos – SP.

Telefone do(a) pesquisador(a) responsável para contato: 16-3411-5681

Prezado(a) Senhor(a):

- Você está sendo convidado(a) a responder às perguntas deste questionário de forma totalmente voluntária.
- Antes de concordar em participar desta pesquisa e responder este questionário, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. · Os pesquisadores deverão responder a todas as suas dúvidas antes que você se decida a participar.
- Você tem o direito de **desistir** de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade e sem perder os benefícios aos quais tenha direito.

Objetivo do estudo: analisar sensorialmente revestimentos/filmes à base de aliáceas e de alginato e investigar a qualidade sensorial de hambúrgueres bovinos congelados embalados em revestimento/ filme comestível e de carne bovina refrigerada, armazenada em embalagem ativa (filme biopolimérico ativo) bem como a intenção de compra dos consumidores

Justificativa: Tendo em vista que a utilização de revestimentos e filmes contendo aliáceas podem alterar as características sensoriais dos produtos a serem estudados, a análise sensorial dos produtos é necessária, para avaliar a aceitação do consumidor ao longo da vida de prateleira dos produtos onde serão aplicados.

Procedimentos: Sua participação nesta pesquisa durará aproximadamente 20 minutos e consistirá em responder um questionário socioeconômico e realizar o teste sensorial envolvendo colocar a amostra na boca, podendo ingerir ou não a amostra de carne bovina assada, conforme instruções. Informamos que para garantir a segurança microbiológica do produto serão tomadas as seguintes providências: 1. A carne bovina será obtida de frigorífico comercial e serão coletadas amostras do músculo *longissimus*. Os hambúrgueres bovinos serão adquiridos em estabelecimento comercial e deverão ter selo de inspeção estadual ou federal. As amostras de carne e hambúrguer serão transportadas em caixa térmica ao laboratório de carnes da Embrapa Pecuária Sudeste em São Carlos, SP.; 2. As amostras serão armazenadas sob congelamento a -18°C. Para análise sensorial as amostras serão descongeladas em geladeira desde o dia anterior, e no dia seguinte serão cortadas, cozidas em um forno pré-aquecido a 180°C até à temperatura interna de 70°C, assegurando a qualidade/segurança da mesma; 3. Para evitar risco de contaminação durante o período de armazenamento e preparo serão tomadas providências de padrão de higiene já praticadas no manuseio das amostras de alimentos. As amostras serão armazenadas em condições adequadas, evitando a deterioração e possíveis alterações das características microbiológicas, físicas, químicas e sensoriais.

Benefícios: Esta pesquisa trará maior conhecimento sobre o tema abordado, sem benefício direto para você. Os dados obtidos serão utilizados para fornecer informações que contribuam para a pesquisa e desenvolvimento de estratégias para beneficiar a cadeia produtiva da carne bem como uma embalagem que mantenha as características microbiológicas, físicas, químicas e sensoriais da carne e produtos cárneos que corresponda às expectativas dos consumidores.

Riscos: Há possibilidade de risco de desconforto ou constrangimento a partir da coleta de dados por meio dos questionários, bem como alguma reação à ingestão do produto.

Acompanhamento e Assistência: Não haverá ressarcimento de despesas pelo seu tempo para responder a este questionário.

Sigilo: As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer forma.

Indenização e ressarcimento: É garantida indenização em casos de danos, comprovadamente, decorrentes da sua participação na pesquisa, por meio de decisão judicial ou extrajudicial. Não há qualquer valor econômico, a receber ou a pagar, pela sua participação

Em caso de dúvida: Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Seres Humanos do UNICEP situado na Rua Miguel Petroni, 5111 – Fone (16) 33622111, CEP 13563-570, São Carlos/SP. O Comitê de Ética é a instância que tem por objetivo defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Ciência e de acordo do participante (sujeito da pesquisa):

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto pelo(a) pesquisador(a), eu _____, RG: _____, estou de acordo em participar desta pesquisa, assinando este consentimento **em duas vias**, ficando com a posse de uma delas.

São Carlos, ____/____/____

Assinatura do sujeito de pesquisa ou
Representante legal

Ciência e de acordo do pesquisador responsável:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma cópia deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Declaro que assinei 2 vias deste termo, ficando com 1 via em meu poder.

Assinatura do responsável pelo projeto