INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TRIÂNGULO MINEIRO - *CAMPUS* UBERABA
Programa de Pós-graduação *Stricto sensu* em Ciência e Tecnologia de Alimentos

ANA HELENA MACHADO JUNQUEIRA CUNHA ÁRCEGA

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO DE POLIACETATO DE VINILA NA PRODUÇÃO E MATURAÇÃO DE QUEIJO MINAS ARTESANAL DA MICRORREGIÃO DE ARAXÁ

Uberaba- MG
2026

ANA HELENA MACHADO JUNQUEIRA CUNHA ÁRCEGA

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO DE POLIACETATO DE VINILA NA PRODUÇÃO E MATURAÇÃO DE QUEIJO MINAS ARTESANAL DA MICRORREGIÃO DE ARAXÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tenologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberaba, como requisito parcial e obrigatório para obtenção do título de Mestra em Ciência e Tenologia de Alimentos.

Linha de Pesquissa: Tecnologia de Processos e Novos Produtos Alimentícios.

Orientadora: Prof. Dra. Carolina Rodrigues Fonseca.

Uberaba- MG
2026

Ficha Catalográfica elaborada pelo Setor de Referência do IFTM –
Campus Uberaba-MG

Árcega, Ana Helena Machado Junqueira Cunha
A21a Avaliação da utilização de revestimento de poliacetato de vinila na produção e maturação de Queijo Minas Artesanal da microrregião de Araxá / Ana Helena Machado Junqueira Cunha Árcega. – 2026.
67 f.: il.

Orientadora: Prof.ª Drª Carolina Rodrigues Fonseca.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal do Triângulo Mineiro- *Campus* Uberaba- MG, 2026.

1. Queijo Minas Artesanal. 2. Maturação de queijo. 3. Revestimento alimentício. 4. Leite cru. 5. Microbiologia de alimentos. I. Fonseca, Carolina Rodrigues. II. Título.

CDD 637.3

Elaborada pela Bibliotecária Sandra Mara Trindade CRB6-2476

ANA HELENA MACHADO JUNQUEIRA CUNHA ÁRCEGA

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO DE POLIACETATO DE VINILA NA PRODUÇÃO E MATURAÇÃO DE QUEIJO MINAS ARTESANAL DA MICRORREGIÃO DE ARAXÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tenologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberaba, como requisito parcial e obrigatório para obtenção do título de Mestra em Ciência e Tenologia de Alimentos.

Linha de Pesquissa: Tecnologia de Processos e Novos Produtos Alimentícios.

Uberaba, 31 de julho de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra Carolina Rodrigues Fonseca
(IFTM – Orientadora)

Prof. Dr. Lucas Arantes Pereira
(IFTM – Membro Interno)

Profa. Dra. Hellen Fernanda Nocciolli Sabino
(UNIUBE – Membra Externa)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TRIÂNGULO MINEIRO

Luis Fernando Howeler

EDUSOS: HUB EDUCACIONAL DE PRIMEIROS SOCORROS

Produto Técnico-Tecnológico apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica – ProfEPT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberaba, como requisito parcial e obrigatório para obtenção do título de Mestre em Educação Profissional e Tecnológica.

Linha de Pesquisa: Práticas Educativas em EPT

Uberaba/MG, 16 de setembro de 2026.

BANCA EXAMINADORA

NOME	INSTITUIÇÃO	FUNÇÃO
Prof. Dr. Geraldo Gonçalves de Lima	Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM)	Orientador / Presidente
Prof. Dr. Adriano Euripedes Medeiros Martins	Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM)	Membro Interno
Prof. Dr. Thiago Luiz Calandro	Instituto Federal do Paraná (IFPR)	Membro Externo

THIAGO LUIZ CALANDRO
EXAMINADOR EXTERNO

Documento assinado eletronicamente por THIAGO LUIZ CALANDRO, EXAMINADOR EXTERNO, em 16/09/2026, às 11:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

GERALDO GONCALVES DE LIMA
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO

Documento assinado eletronicamente por GERALDO GONCALVES DE LIMA, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 16/09/2026, às 11:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

HELLEN FERNANDA NOCCIOLLI SABINO
MEMBRO EXTERNO DE BANCA DE QUALIFICAÇÃO E DEFESA DE MESTRADO E DOUTORADO

INSTITUTO FEDERAL
Triângulo Mineiro

Documento assinado eletronicamente por HELLEN FERNANDA NOCCIOLLI SABINO, MEMBRO EXTERNO DE BANCA DE QUALIFICAÇÃO E DEFESA DE MESTRADO E DOUTORADO, em 31/07/2026, às 18:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://iftm.edu.br/autenticacao/ informando o código verificador **347275B** e o código CRC **23C8FA2D**.

Referência: NUP: 23200.008538/2026-59 DOCS nº 0000869488

AGRADECIMENTOS

Chegar ao final desta etapa é olhar para trás e reconhecer que nenhuma conquista é verdadeiramente solitária. Cada passo desta caminhada foi sustentado por pessoas que, com amor, conhecimento, incentivo, presença e exemplo, contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui.

À minha orientadora, Dra. Carolina Rodrigues Fonseca, minha sincera e profunda gratidão. Agradeço pela orientação cuidadosa, pela generosidade em compartilhar seus conhecimentos, pela confiança, pela paciência e pelo incentivo ao longo de todo este percurso. Sua contribuição foi essencial não apenas para a realização deste trabalho, mas também para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Ao meu esposo, Albany Arcega, agradeço pelo incentivo permanente, pelo companheirismo e por toda a ajuda incansável durante esta jornada. Obrigada por compreender minhas ausências, compartilhar minhas inquietações, celebrar minhas pequenas vitórias e estar ao meu lado nos momentos mais desafiadores. Esta conquista também carrega um pouco de você.

Às minhas filhas, Luiza e Giovana, dedico uma parte especial desta conquista. Que este momento possa lhes servir de inspiração e lhes mostre que nunca é tarde para aprender, recomeçar, sonhar e buscar novos caminhos. Que vocês cresçam sabendo que o conhecimento não tem idade e que sempre podemos nos tornar uma versão melhor de nós mesmos. Espero que, um dia, vocês olhem para esta conquista não apenas como um título, mas como um exemplo de que os sonhos podem ser perseguidos em qualquer fase da vida.

Ao meu pai, Emerenciano Junqueira Cunha, agradeço pelos exemplos que me foram dados ao longo de toda a vida. Muito do que sou e dos valores que carrego nasceu daquilo que aprendi observando sua trajetória. Seus ensinamentos, muitas vezes silenciosos, foram verdadeiros alicerces para que eu pudesse seguir adiante.

À minha mãe, Helena Aparecida Machado Cunha, minha eterna saudade e minha mais profunda homenagem. Ela não teve a oportunidade de presenciar a conclusão desta etapa, e essa ausência torna este momento ainda mais especial e, ao mesmo tempo, carregado de emoção. Gostaria que pudesse estar aqui para compartilhar comigo esta conquista. Ainda assim, sinto sua presença em cada passo, em cada lembrança e em tudo aquilo que ela deixou em mim. Dedico-lhe esta vitória, com a certeza de que o amor e os ensinamentos de uma mãe permanecem para além do tempo e da presença física.

À Tata, minha amiga, incentivadora e companheira, agradeço por estar presente, por acreditar em mim e por tantas vezes oferecer uma palavra de estímulo quando eu precisava. Algumas pessoas chegam à nossa caminhada e tornam o percurso mais leve simplesmente por acreditarem em nós. Você foi uma dessas pessoas.

Hoje compreendo ainda mais o sentido das palavras de Isaac Newton. Se consegui chegar mais longe, não foi porque caminhei sozinha, mas porque tive a felicidade de me apoiar em pessoas que foram verdadeiros gigantes em minha trajetória.

Se vi mais longe, foi por estar sobre os ombros de gigantes
(Newton, 1675).

RESUMO

O Queijo Minas Artesanal constitui um dos mais importantes patrimônios agroalimentares brasileiros, destacando-se por sua relevância histórica, cultural, econômica e social para o estado de Minas Gerais. Produzido a partir de leite cru, fermento endógeno ("pingo"), coalho, salga e maturação natural, apresenta características próprias e únicas decorrentes da interação entre a microbiota natural, as condições ambientais, o manejo dos rebanhos e os conhecimentos tradicionais transmitidos entre gerações. A evolução do marco regulatório do Queijo Minas Artesanal, associada ao reconhecimento do modo tradicional de produção como patrimônio cultural em âmbito estadual, nacional e internacional, consolidou as bases legais para a preservação da identidade do produto e possibilitou a incorporação de inovações tecnológicas compatíveis com seu processo tradicional de fabricação. Entre as etapas de produção, a maturação exerce papel determinante no desenvolvimento das características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais do queijo, sendo responsável pela formação da textura, do aroma, do sabor, da coloração e da estabilidade microbiológica. Entretanto, essa etapa também representa um dos principais desafios tecnológicos da cadeia produtiva, em razão das perdas de umidade, da variabilidade entre lotes e do desenvolvimento de microrganismos superficiais indesejáveis que podem comprometer o rendimento e a qualidade comercial do produto. Nesse contexto, os revestimentos alimentícios surgem como alternativa tecnológica para reduzir perdas durante a maturação, favorecer maior uniformidade do processo e contribuir para a conservação da qualidade, preservando as transformações bioquímicas responsáveis pela tipicidade do Queijo Minas Artesanal. Assim, este trabalho avaliou a utilização de revestimento a base de poliacetato de vinila (PVA) em Queijo Minas Artesanal da microrregião de Araxá durante a maturação por 7, 14, 21 e 28 dias, avaliando sua aplicabilidade em relação à qualidade microbiológica, umidade, textura e aspectos de coloração. Observou-se que a população de bolores e leveduras foi bem menor ao longo da maturação quando os queijos foram revestidos. Já em relação à umidade, dureza e parâmetros de cor, não houve efeito significativo da utilização do revestimento ($p>0,05$), mas sim do tempo de maturação ($p<0,05$) na umidade, na dureza e na intensidade de cor verde dos queijos. Embora não tenha influenciado significativamente as características físico-químicas do queijo, o revestimento foi eficaz na redução da contagem de bolores e leveduras durante a maturação, contribuindo para a conservação microbiológica do produto. Dessa forma, seu emprego representa uma estratégia promissora para aumentar a estabilidade e a segurança do queijo, preservando suas características tecnológicas. Estudos futuros poderão ampliar a avaliação de seu desempenho em diferentes condições de maturação, períodos de armazenamento e escalas de produção.

Palavras-chave: Queijo Minas Artesanal; maturação de queijo; revestimento alimentício; leite cru; microbiologia de alimentos.

ABSTRACT

Artisanal Minas Cheese represents one of Brazil's most important agri-food heritage assets, distinguished by its historical, cultural, economic, and social significance to the state of Minas Gerais. Produced from raw milk, endogenous whey starter culture (called pingo), rennet, salt, and natural ripening, it exhibits unique characteristics resulting from the interaction between natural microbiota, environmental conditions, herd management, and traditional knowledge passed down through generations. The evolution of the regulatory framework of Artisanal Minas Cheese, combined with the recognition of the traditional production method as cultural heritage at state, national, and international levels, has solidified the legal basis for preserving the product's identity and enabled the incorporation of technological innovations compatible with its traditional manufacturing process. Among the production stages, ripening plays a decisive role in developing the cheese's microbiological, physicochemical, and sensory characteristics, determining its texture, aroma, flavor, color, and microbiological stability. However, this stage also presents one of the production chain's main technological challenges due to moisture loss, batch-to-batch variability, and the growth of undesirable surface microorganisms that can compromise yield and commercial quality. In this context, edible coatings emerge as a technological alternative to reduce losses during ripening, promote process uniformity, and help maintain quality while preserving the biochemical transformations responsible for the distinctive character of Artisanal Minas Cheese. Thus, this study evaluated the use of a polyvinyl acetate (PVA)-based coating on Artisanal Minas Cheese from the Araxá micro-region during ripening periods of 7, 14, 21, and 28 days, assessing its impact on microbiological quality, moisture, texture, and color. It was observed that the mold and yeast population was significantly lower throughout the ripening period when the cheeses were coated. Regarding moisture, hardness, and color parameters, the use of the coating had no significant effect ($p>0.05$); however, ripening time significantly influenced ($p<0.05$) the moisture, hardness, and green color intensity of the cheeses. Although it did not significantly alter the cheese's physicochemical characteristics, the coating was effective in reducing mold and yeast counts during ripening, thereby contributing to the product's microbiological preservation. Thus, its application represents a promising strategy to enhance cheese stability and safety while preserving its technological characteristics. Future studies could further evaluate its performance under varying ripening conditions, storage periods, and production scales.

keywords: Artisanal Minas Cheese; cheese ripening; edible coating; raw milk; food microbiology.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Umidade (g/100g) de QMA da microrregião de Araxá em função do tempo de maturação 57

Gráfico 2- Dureza (N) de QMAl da microrregião de Araxá em função do tempo de maturação. 60

Gráfico 3- Intensidade de verde (-a*) de QMA da microrregião de Araxá em função do tempo de maturação 62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Médias das populações (UFC/g) de bolores e leveduras em QMA Artesanal da microrregião de Araxá, com e sem revestimento de poliacetato de vinila, ao longo da maturação por até 28 dias 52

Tabela 2- Médias das populações (NMP/g) de coliformes a 35ºC e de coliformes a 45ºC em QMA da microrregião de Araxá, com e sem revestimento de poliacetato de vinila, ao longo da maturação por até 28 dias 53

Tabela 3- Valores-p dos efeitos do tratamento (sem ou com revestimento de poliacetato de vinila) e do tempo de maturação sobre a umidade, dureza e parâmetros de cor em QMA da microrregião de Araxá 56

Tabela 4- Umidade (g/100g) em QMA da microrregião de Araxá, com e sem revestimento de poliacetato de vinila, ao longo da maturação por até 28 dias 57

Tabela 5- Dureza (N) em QMA da microrregião de Araxá, com e sem revestimento de poliacetato de vinila, ao longo da maturação por até 28 dias 59

Tabela 6-Parâmetros de cor instrumental em QMA da microrregião de Araxá, com e sem revestimento de poliacetato de vinila, ao longo da maturação por até 28 dias 61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	análise de variância
DRBC	Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicos
EC	*Escherichia coli*
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
IFTM	Instituto Federal do Triângulo Mineiro
IMA	Instituto Mineiro de Agropecuária
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LST	Lauril Sulfato Triptos
NMP	Números Mais Prováveis
QMA	Queijo Minas Artesanal
TPA	*Texture Profile Analysis*
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
VB	Verde Brilhante

SUMÁRIO

CAPÍTULO I CONSIDERAÇÕES E REFERENCIAL..... 16
1.1 Introdução geral 16
1.**2 Referencial teórico**..... 18
*1.**2.1 Origem, evolução histórica e importância do Queijo Minas Artesanal***.....18
1.***2.2 Evolução do marco regulatório e reconhecimento patrimonial do Queijo Minas Artesanal***..... 20
*1.**2.3 Processo de maturação do Queijo Minas Artesanal***..... 23
1.2.3.1 A maturação como etapa determinante da qualidade do Queijo Minas Artesanal.....24
1.2.3.2 Desenvolvimento das características sensoriais.....26
1.2.3.3 Influência dos fatores ambientais na maturação..... 27
*1.**2.4 Revestimentos alimentícios aplicados em queijos maturados***.....28
1.*2.4.1 Evolução dos revestimentos alimentícios*..... 29
1.*2.4.2 Funções tecnológicas dos revestimentos alimentícios*..... 30
1.*2.4.3 Principais tipos de revestimentos alimentícios utilizados em queijos maturados*.....31
1.*2.4.4 Resinas alimentícias aplicadas à maturação de queijos*.....33
1.2.4.5 Evidências científicas sobre a aplicação de revestimentos em queijos maturados 34
*1.**2.5 Desafios atuais e perspectivas para inovação na produção do Queijo Minas*** Artesanal...36
REFERÊNCIAS..... 39
CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO DE POLIACETATO DE VINILA NA PRODUÇÃO E MATURAÇÃO DE QUEIJO MINAS ARTESANAL DA MICRORREGIÃO DE ARAXÁ 43
2.1 Introdução..... 45
2.2 Procedimentos metodológicos 47
2.2.1 Delineamento experimental e caracterização da amostragem 47
2.2.2 Análises microbiológicas 48
2.2.3 Análises físico-químicas e físicas 48
2.2.3.1 Determinação da umidade..... 48
2.2.3.2 Dureza 49
2.2.3.3 Cor instrumental..... 49
2.2.4 Análise estatística 50

2.3 Resultados e discussão 50
2.3.1 Análises microbiológicas..... 50
2.3.2 Análises físico-químicas e físicas..... 55
2.3.2.1 Umidade..... 56
2.3.2.2 Dureza 58
2.3.2.3 Cor instrumental 60
2.4 Conclusão..... 63
REFERÊNCIAS 64

CAPÍTULO I CONSIDERAÇÕES E REFERENCIAL

1.1 Introdução geral

Nas últimas décadas, a valorização dos alimentos tradicionais e artesanais tem adquirido crescente importância em diversos países, impulsionada pela demanda dos consumidores por produtos autênticos, associados à identidade cultural, à origem geográfica e aos modos tradicionais de produção. Esse movimento representa uma contraposição à crescente padronização dos alimentos industrializados, despertando interesse por produtos que preservam características históricas, sensoriais e territoriais próprias. Nesse contexto, os alimentos artesanais desempenham papel estratégico na conservação do patrimônio cultural, na promoção da biodiversidade alimentar e no fortalecimento das economias locais (FAO, 2019; UNESCO, 2024; Slow Food, 2020).

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) destaca que os sistemas alimentares tradicionais constituem importante ferramenta para a promoção do desenvolvimento sustentável, uma vez que conciliam produção de alimentos, conservação ambiental, manutenção da cultura local e geração de renda para pequenos produtores rurais. Além disso, esses sistemas produtivos contribuem para a permanência das famílias no campo, estimulam o desenvolvimento regional e favorecem a preservação dos conhecimentos tradicionais transmitidos entre gerações (FAO, 2019; HLPE, 2017).

No Brasil, a produção artesanal de alimentos possui expressiva importância econômica e social, especialmente entre agricultores familiares. Produtos como queijos, embutidos, mel, doces, cafés e cachaças representam exemplos de alimentos cuja identidade encontra-se fortemente vinculada ao território de origem, às condições ambientais e às práticas culturais locais. Esses produtos diferenciam-se não apenas por suas características sensoriais, mas também pela interação entre fatores naturais e humanos que conferem singularidade ao processo produtivo, conceito amplamente conhecido como *terroir* (Niederle; Vitrolles, 2010; Barbosa; Valente, 2021).

Entre os alimentos artesanais brasileiros, os queijos produzidos a partir de leite cru ocupam posição de destaque devido à diversidade dos métodos de fabricação, riqueza microbiológica e elevado valor histórico e cultural. A utilização de fermentos naturais, as condições específicas de maturação, o manejo dos rebanhos e as características ambientais das regiões produtoras promovem o desenvolvimento de atributos físico-químicos, microbiológicos e sensoriais únicos,

impossíveis de serem integralmente reproduzidos em sistemas industriais padronizados. Essa complexidade resulta da interação entre a microbiota autóctone, as enzimas naturais do leite e as condições ambientais durante a maturação (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017; Gobbetti *et al*., 2019).

A valorização desses produtos tem sido acompanhada pelo fortalecimento de políticas públicas destinadas à proteção dos modos tradicionais de produção, à certificação de origem e à agregação de valor aos alimentos artesanais. Instrumentos como as Indicações Geográficas (IG), Denominações de Origem (DO) e o reconhecimento de patrimônios culturais imateriais demonstram a importância da preservação desses sistemas produtivos, conciliando tradição, inovação tecnológica e segurança dos alimentos. Diversos países europeus utilizam esses mecanismos como estratégia para proteger produtos tradicionais e fortalecer economias locais, servindo como referência para políticas públicas brasileiras (FAO, 2019; Brasil, 2022; UNESCO, 2003).

Em Minas Gerais, esse contexto é representado de forma emblemática pelo Queijo Minas Artesanal, cuja produção integra história, cultura, tradição e desenvolvimento rural. Produzido há mais de dois séculos em diferentes microrregiões do Estado, o queijo tornou-se um dos principais símbolos da identidade mineira, reunindo conhecimentos tradicionais transmitidos entre gerações e desempenhando papel fundamental na sustentabilidade econômica de milhares de propriedades familiares. Sua importância ultrapassa o aspecto econômico, constituindo patrimônio alimentar e cultural reconhecido nacional e internacionalmente, despertando crescente interesse científico diante da necessidade de conciliar a preservação dos métodos tradicionais com a incorporação de tecnologias capazes de aumentar a qualidade, a segurança dos alimentos e a competitividade do produto (Emater, 2024; Minas Gerais, 2018; IPHAN, 2008; IMA, 2024).

Nesse contexto, a necessidade de conciliar a preservação dos métodos tradicionais com o aprimoramento da qualidade e da segurança dos alimentos tem impulsionado o desenvolvimento e a incorporação de tecnologias compatíveis com a produção artesanal. Entre essas alternativas destacam-se os revestimentos alimentícios utilizados durante a maturação dos queijos, cuja finalidade é reduzir perdas de umidade, controlar o desenvolvimento de microrganismos superficiais indesejáveis, minimizar defeitos de casca e conferir maior uniformidade ao processo de maturação. Embora amplamente empregados em diversos queijos maturados produzidos em diferentes países, sua aplicação no Queijo Minas Artesanal ainda é relativamente recente e pouco

estudada sob o ponto de vista científico, especialmente quanto aos seus efeitos sobre as características microbiológicas, físico-químicas, instrumentais e sensoriais do produto. Dessa forma, torna-se necessária a realização de estudos que avaliem, de forma integrada, se a utilização dessas tecnologias pode contribuir para o aumento da estabilidade tecnológica e da qualidade do Queijo Minas Artesanal sem comprometer sua identidade, autenticidade e tradição, princípios que fundamentam sua importância cultural e econômica (Costa Júnior; Paiva, 2016; Fox *et al*., 2017; Gobbetti *et al*., 2019; McSweeney, 2017).

1.2 Referencial teórico

1.2.1 Origem, evolução histórica e importância do Queijo Minas Artesanal

O Queijo Minas Artesanal (QMA) constitui um dos alimentos mais representativos da cultura alimentar mineira, destacando-se pela estreita relação entre o modo tradicional de produção, as características ambientais das regiões produtoras e os conhecimentos transmitidos entre gerações. Produzido exclusivamente a partir de leite cru, fermento endógeno ("pingo"), coalho, sal e maturação natural, o QMA representa não apenas uma importante atividade agroindustrial, mas também um patrimônio histórico, cultural, econômico e social do estado de Minas Gerais.

A origem da produção de queijos em Minas Gerais remonta ao período colonial, quando os colonizadores portugueses introduziram técnicas de fabricação adaptadas às condições edafoclimáticas locais. Ao longo dos séculos XVIII e XIX, essas práticas evoluíram de forma distinta nas diferentes regiões produtoras, incorporando características próprias relacionadas ao clima, altitude, microbiota ambiental, manejo dos rebanhos e tradição familiar. Esse conjunto de fatores contribuiu para o surgimento de produtos com identidade regional bem definida, atualmente reconhecidos como Queijos Minas Artesanais (Saint-Hilaire, 1975; Penna; Gigante; Todorov, 2021). Entre as regiões tradicionalmente produtoras, destaca-se a microrregião de Araxá, onde a fabricação de queijo possui registros desde o início do século XIX. Em suas expedições pelo interior de Minas Gerais, o naturalista francês Auguste de Saint-Hilaire descreveu, em 1819, a expressiva produção de queijos na região, ressaltando sua qualidade e importância econômica para as propriedades rurais. Desde então, a atividade consolidou-se como importante fonte de renda para agricultores familiares, mantendo técnicas de fabricação

preservadas ao longo de sucessivas gerações (Saint-Hilaire, 1975; Emater, 2003).

A identidade do Queijo Minas Artesanal resulta da interação entre matéria-prima, microbiota endógena, condições ambientais e práticas tradicionais de fabricação. O leite cru preserva uma microbiota diversificada que, associada ao "pingo" — fermento natural obtido do soro drenado na fabricação anterior — desempenha papel fundamental no desenvolvimento das características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais do queijo durante a maturação. Essa interação confere ao produto atributos próprios de aroma, sabor, textura e aparência, estreitamente relacionados ao conceito De *terroir* e à tipicidade regional (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017).

Nas últimas décadas, o Queijo Minas Artesanal passou a ocupar posição de destaque entre os alimentos de origem tradicional produzidos no Brasil. Além de sua relevância cultural, a atividade apresenta expressiva importância socioeconômica para milhares de famílias rurais, contribuindo para a agregação de valor ao leite, geração de emprego, fixação das famílias no meio rural e fortalecimento dos sistemas locais de produção. O crescimento do mercado consumidor, aliado ao reconhecimento da qualidade dos queijos artesanais brasileiros em concursos nacionais e internacionais, ampliou significativamente sua inserção em mercados especializados e de maior valor agregado (Emater, 2024; Penna; Gigante; Todorov, 2021).

O reconhecimento da importância histórica e cultural do Queijo Minas Artesanal culminou, recentemente, em sua valorização como patrimônio cultural de relevância internacional. O modo tradicional de fazer o queijo, baseado no uso do leite cru, do "pingo" e da maturação natural, passou a ser reconhecido não apenas como atividade produtiva, mas como expressão da identidade cultural das comunidades rurais mineiras. Esse reconhecimento reforça a necessidade de preservar os conhecimentos tradicionais, ao mesmo tempo em que estimula o desenvolvimento de pesquisas voltadas ao aperfeiçoamento tecnológico da produção sem comprometer sua autenticidade (IPHAN, 2008; UNESCO, 2024).

Nesse contexto, observa-se crescente demanda por tecnologias capazes de aumentar a segurança, reduzir perdas durante a maturação e melhorar a padronização dos queijos artesanais, preservando simultaneamente as características que definem sua identidade regional. Essa necessidade tem impulsionado o desenvolvimento de estudos voltados à incorporação de inovações compatíveis com o modo tradicional de produção, tema que será discutido nos tópicos seguintes.

1.2.2 Evolução do marco regulatório e reconhecimento patrimonial do Queijo Minas Artesanal

A produção do Queijo Minas Artesanal desenvolveu-se por mais de dois séculos fundamentada no conhecimento empírico transmitido entre gerações, sem regulamentação específica que contemplasse suas particularidades tecnológicas, culturais e sanitárias. Durante grande parte desse período, a legislação brasileira destinada aos produtos de origem animal foi elaborada com foco na produção industrial, impondo exigências incompatíveis com a realidade dos pequenos produtores e dificultando a regularização da fabricação de queijos elaborados a partir de leite cru (Penna; Giante; Todorov, 2021; Minas Gerais, 2002).

Esse cenário tornou-se mais evidente a partir da década de 1990, quando a preocupação com a segurança dos alimentos intensificou o debate sobre a produção de queijos artesanais. Em resposta a esse desafio, instituições de pesquisa, universidades, órgãos de assistência técnica e de defesa agropecuária passaram a desenvolver estudos voltados à caracterização microbiológica, físico-química e tecnológica do Queijo Minas Artesanal. Os resultados dessas pesquisas demonstraram que a adoção de Boas Práticas Agropecuárias, Boas Práticas de Fabricação e períodos adequados de maturação poderia assegurar a inocuidade do produto sem descaracterizar seu modo tradicional de produção (Fox *et al*., 2017; Penna; Gigante; Todorov, 2021; Albuquerque *et al*., 2024).

Como resultado desse processo, foi publicada a Lei Estadual nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002, considerada o primeiro marco regulatório específico para o Queijo Minas Artesanal em Minas Gerais. A legislação reconheceu oficialmente a singularidade desse produto e estabeleceu critérios próprios para sua produção, inspeção e comercialização, conciliando a preservação dos métodos tradicionais com a necessidade de garantir a segurança dos alimentos (Minas Gerais, 2002). Posteriormente, decretos regulamentadores e normas complementares do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) consolidaram os procedimentos de inspeção, certificação e controle da produção artesanal (IMA, 2024).

A evolução do conhecimento científico permitiu avanços importantes na regulamentação da maturação dos queijos elaborados com leite cru. Pesquisas desenvolvidas por instituições como a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), universidades e o próprio IMA demonstraram que o período mínimo de maturação poderia variar entre as microrregiões produtoras, desde que fossem comprovadas as condições de segurança microbiológica do produto. Com base nessas evidências, foram publicadas portarias específicas estabelecendo tempos

mínimos de maturação de acordo com as características produtivas e ambientais de cada microrregião reconhecida (Penna; Gigante; Todorov, 2021; IMA, 2024).

Um novo avanço ocorreu com a publicação da Lei Estadual nº 23.157, de 18 de dezembro de 2018, que revogou a legislação anterior e estabeleceu diretrizes mais modernas para a produção dos queijos artesanais mineiros. Além de ampliar a valorização dos produtos tradicionais, essa lei introduziu um conceito de grande relevância para o desenvolvimento tecnológico do setor ao admitir a incorporação de inovações técnicas, desde que estas não alterem a identidade, a tipicidade, a aparência, o sabor e as características tradicionais do produto. Esse dispositivo representa o principal fundamento jurídico para o desenvolvimento e a validação científica de tecnologias capazes de aperfeiçoar o processo produtivo sem comprometer a autenticidade do Queijo Minas Artesanal (Minas Gerais, 2018).

No âmbito federal, outro importante avanço ocorreu com a publicação da Lei nº 13.680, de 14 de junho de 2018, posteriormente regulamentada pelo Decreto nº 9.918, de 18 de julho de 2019, que instituiu o Selo ARTE para produtos alimentícios artesanais de origem animal. A certificação passou a permitir a comercialização interestadual desses produtos, desde que produzidos conforme requisitos específicos de identidade, qualidade e segurança sanitária. A criação do Selo ARTE ampliou significativamente as oportunidades de mercado para os produtores artesanais e reforçou a importância da pesquisa científica como instrumento de apoio à qualificação da cadeia produtiva (Brasil, 2018; Brasil, 2019).

Paralelamente à evolução do marco regulatório, o Queijo Minas Artesanal passou a receber importantes reconhecimentos patrimoniais que consolidaram sua relevância histórica, cultural, social e econômica. Esses reconhecimentos evidenciam que o produto transcende sua função alimentar, constituindo um patrimônio cultural construído ao longo de mais de dois séculos de interação entre o homem, o território e os conhecimentos tradicionais de produção (IPHAN, 2008; UNESCO, 2024).

Em Minas Gerais, o modo tradicional de fazer o Queijo Minas Artesanal foi reconhecido como Patrimônio Cultural Imaterial do Estado, valorizando os conhecimentos transmitidos entre gerações e a importância da atividade para a identidade das comunidades rurais mineiras. Posteriormente, esse reconhecimento foi ampliado em âmbito nacional, quando o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) registrou os Modos Artesanais de Fazer o Queijo de Minas, nas regiões tradicionais produtoras, como Patrimônio Cultural do Brasil,

reconhecendo oficialmente que o processo produtivo representa um bem cultural de natureza imaterial cuja preservação é de interesse público (IPHAN, 2008).

O reconhecimento alcançou sua maior expressão em 2024, quando os Modos de Fazer o Queijo Minas Artesanal foram inscritos pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) na Lista Representativa do Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade. Essa distinção internacional reconhece que o valor do Queijo Minas Artesanal ultrapassa o produto em si, abrangendo o conjunto de conhecimentos tradicionais, práticas produtivas, formas de organização social e relações estabelecidas entre as comunidades produtoras e seus territórios. Ao mesmo tempo, reforça a responsabilidade de promover a conservação desse patrimônio por meio de políticas públicas, pesquisas científicas e inovações tecnológicas que contribuam para sua sustentabilidade sem comprometer sua autenticidade (UNESCO, 2024).

A evolução da legislação brasileira e os sucessivos reconhecimentos patrimoniais demonstram uma mudança significativa na forma de compreender a produção artesanal. Se, inicialmente, o foco estava concentrado na regulamentação sanitária da atividade, atualmente reconhece-se que tradição e inovação podem coexistir de maneira complementar. Esse entendimento cria bases sólidas para o desenvolvimento de pesquisas destinadas à validação científica de tecnologias que contribuam para aumentar a segurança, a qualidade, a padronização e a sustentabilidade da produção artesanal, preservando, ao mesmo tempo, os elementos culturais que conferem identidade ao Queijo Minas Artesanal (Minas Gerais, 2018; Albuquerque *et al*., 2024).

Nesse contexto, a avaliação de revestimentos alimentícios aplicados durante a maturação enquadra-se como uma inovação tecnológica compatível com os princípios estabelecidos pela legislação mineira, uma vez que busca aperfeiçoar o processo produtivo sem modificar o modo tradicional de fabricação nem as características que definem a identidade do Queijo Minas Artesanal. Assim, o desenvolvimento de estudos científicos sobre essa tecnologia contribui simultaneamente para a valorização do patrimônio cultural, o fortalecimento da cadeia produtiva e a geração de conhecimento técnico voltado à sustentabilidade da produção artesanal (Minas Gerais, 2018; Fox *et al*., 2017; Albuquerque *et al*., 2024).

1.2.3 Processo de maturação do Queijo Minas Artesanal

A maturação constitui uma das etapas mais importantes na produção do Queijo Minas Artesanal, sendo responsável pelo desenvolvimento das características que definem sua identidade e qualidade. Durante esse período ocorre uma série de transformações microbiológicas, bioquímicas e físico-químicas que modificam progressivamente a composição da massa, resultando na formação do aroma, do sabor, da textura, da coloração e das demais características sensoriais do produto (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017).

Nos queijos produzidos com leite cru, a maturação assume papel ainda mais relevante devido à elevada diversidade microbiológica presente na matéria-prima e no fermento endógeno. A interação entre bactérias láticas, enzimas naturais do leite, enzimas do coalho e microrganismos característicos da microbiota regional promove sucessivas reações de proteólise, lipólise e fermentação, responsáveis pela formação dos compostos que conferem identidade ao queijo e refletem as características do território de origem (Gobbetti *et al*., 2019; Penna; Gigante; Todorov, 2021).

Além de promover o desenvolvimento das características sensoriais, a maturação exerce importante função sanitária. A redução da atividade de água, a acidificação da massa, o aumento da concentração de sal e a competição exercida pela microbiota lática contribuem para a redução gradual de microrganismos indesejáveis, tornando essa etapa fundamental para a obtenção de um produto seguro quando associada às Boas Práticas Agropecuárias e às Boas Práticas de Fabricação (Albuquerque *et al*., 2024).

A velocidade e a intensidade dessas transformações são influenciadas por fatores como temperatura, umidade relativa do ambiente, composição do leite, microbiota autóctone, manejo do rebanho, alimentação dos animais e tempo de maturação. Em razão dessa complexidade, pequenas variações nas condições de processamento podem produzir diferenças significativas entre lotes, afetando a padronização e a qualidade final do produto (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017).

No Queijo Minas Artesanal da microrregião de Araxá, a maturação representa um dos principais fatores responsáveis pela formação das características que diferenciam o produto de outras variedades de queijo artesanal produzidas em Minas Gerais. As condições edafoclimáticas da região, associadas ao sistema tradicional de produção e à microbiota característica do leite cru e do "pingo", contribuem para a obtenção de um produto com identidade própria, cuja preservação

constitui um dos pilares da legislação estadual e dos recentes reconhecimentos patrimoniais recebidos pelo queijo (Penna; Gigante; Todorov, 2021; Minas Gerais, 2018; UNESCO, 2024).

Diante da importância desta etapa, torna-se fundamental compreender as transformações que ocorrem ao longo da maturação e os fatores que influenciam sua evolução, uma vez que essas alterações determinam simultaneamente a qualidade tecnológica, microbiológica, sensorial e comercial do produto (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017; Albuquerque *et al*., 2024).

1.2.3.1 A maturação como etapa determinante da qualidade do Queijo Minas Artesanal

A maturação pode ser definida como o conjunto de transformações físicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas que ocorrem após a fabricação do queijo, sob condições controladas de temperatura e umidade, conduzindo ao desenvolvimento gradual de suas características finais de qualidade (Fox *et al*., 2017). Embora se inicie logo após a salga, sua intensidade varia de acordo com o tipo de queijo, a composição da massa, a microbiota presente e as condições ambientais de maturação.

Durante esse período ocorre o equilíbrio entre perda de umidade, acidificação, degradação parcial das proteínas e dos lipídios e desenvolvimento da microbiota característica, processos que modificam progressivamente a textura, o aroma, o sabor e a aparência do queijo. Essas alterações tornam o produto mais estável, intensificam sua complexidade sensorial e contribuem para a redução de microrganismos potencialmente indesejáveis (McSweeney, 2017; Albuquerque *et al*., 2024).

A duração da maturação influencia diretamente a qualidade final do queijo. Períodos insuficientes podem resultar em produtos excessivamente úmidos, com textura pouco desenvolvida e maior susceptibilidade microbiológica. Por outro lado, maturações prolongadas favorecem maior concentração dos sólidos, intensificação das reações bioquímicas e desenvolvimento de características sensoriais mais pronunciadas, embora também possam aumentar as perdas por desidratação e o risco de alterações superficiais quando o processo não é adequadamente controlado (Fox *et al*., 2017).

Nos últimos anos, pesquisas têm demonstrado que a qualidade do ambiente de maturação exerce influência tão importante quanto o tempo de permanência do queijo nesse processo. O controle da temperatura, da umidade relativa e da circulação de ar permite reduzir a variabilidade entre lotes, favorecendo maior uniformidade das características físico-químicas e microbiológicas

do produto. Nesse contexto, diferentes tecnologias de conservação superficial vêm sendo estudadas com o objetivo de otimizar a maturação sem interferir nas transformações naturais responsáveis pela tipicidade do Queijo Minas Artesanal (Sharma; Saini; Sharma, 2018; Albuquerque *et al*., 2024).

Compreender a maturação como um processo integrado é essencial para interpretar os efeitos das tecnologias aplicadas durante essa etapa. Assim, antes de discutir estratégias destinadas ao controle da perda de umidade e da estabilidade superficial dos queijos, torna-se necessário compreender as principais transformações microbiológicas, físico-químicas e sensoriais que caracterizam esse processo (Fox *et al*., 2017; Gobbetti *et al*., 2019; McSweeney, 2017).

Paralelamente à redução da umidade, observa-se a evolução do pH e da acidez titulável. Após a fermentação inicial da lactose pelas bactérias ácido-láticas, ocorre estabilização gradual do pH em função das reações bioquímicas associadas à proteólise e ao metabolismo microbiano. Essas alterações influenciam diretamente a atividade enzimática, a solubilização das proteínas e a textura final do queijo (McSweeney, 2017).

A coloração também sofre modificações ao longo da maturação. A concentração dos sólidos, as alterações estruturais da matriz proteica e a redução da umidade influenciam os parâmetros de luminosidade (L*), tonalidade vermelha-verde (a*) e amarela-azul (b*), frequentemente utilizados para caracterizar objetivamente a evolução da cor dos queijos. Essas alterações normalmente ocorrem de forma gradual e refletem tanto as mudanças internas da massa quanto às condições ambientais de maturação (Pathare; Opara; Al-Said, 2013).

Outro parâmetro de grande importância é a textura. As modificações estruturais decorrentes da perda de umidade que alteram propriedades como a dureza ,um dos atributos amplamente empregado na caracterização instrumental da qualidade de queijos maturados. A intensidade dessa alteração depende da velocidade de maturação e das condições de armazenamento, podendo variar significativamente entre diferentes sistemas de produção (Bourne, 2002; Trinh; Glasgow, 2012).

Em conjunto, essas transformações determinam a evolução físico-química do Queijo Minas Artesanal e influenciam diretamente sua estabilidade, rendimento e qualidade final. Por essa razão, o controle das condições de maturação constitui um dos principais fatores para obtenção de produtos com características uniformes e elevada qualidade tecnológica (Fox *et al*.,

2017; McSweeney, 2017; Walstra; Wouters; Geurts, 2006).

1.2.3.2 Desenvolvimento das características sensoriais

As características sensoriais representam a expressão final das transformações que ocorrem durante a maturação, sendo responsáveis pela identidade percebida pelo consumidor. Aroma, sabor, textura, aparência e impressão global resultam da interação entre fatores microbiológicos, físico-químicos e bioquímicos desenvolvidos ao longo desse processo, tornando a maturação determinante para a aceitação comercial do Queijo Minas Artesanal (Fox *et al*., 2017).

O aroma caracteriza-se pela formação progressiva de compostos voláteis provenientes principalmente da degradação de proteínas, lipídios e citrato pela microbiota presente no queijo. Álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, ácidos orgânicos e compostos sulfurados são produzidos em diferentes proporções durante a maturação, conferindo ao produto complexidade aromática característica de cada região produtora (McSweeney, 2017).

O sabor resulta da combinação entre acidez, salinidade e compostos gerados pela proteólise e lipólise. Aminoácidos livres, peptídeos de baixo peso molecular e ácidos graxos contribuem para o equilíbrio entre notas lácteas, ácidas e levemente picantes observadas em queijos maturados. A intensidade dessas características aumenta progressivamente com o tempo de maturação, refletindo a evolução das transformações bioquímicas da massa (Fox *et al*., 2017). A textura percebida pelo consumidor acompanha as alterações estruturais do queijo. A redução da umidade e a reorganização da matriz proteica modificam atributos como firmeza, elasticidade e cremosidade, tornando o produto progressivamente mais consistente sem perder sua capacidade de mastigação. Essas características constituem importantes indicadores da qualidade tecnológica e influenciam diretamente a aceitação do produto (Bourne, 2002).

A aparência também exerce papel relevante na decisão de compra. Aspectos como formato, integridade da casca, uniformidade da superfície e coloração influenciam a percepção inicial do consumidor e frequentemente determinam sua expectativa em relação à qualidade do queijo. Dessa forma, alterações superficiais decorrentes do crescimento excessivo de bolores, rachaduras ou desidratação podem reduzir significativamente o valor comercial do produto, mesmo quando sua qualidade interna permanece preservada (Penna; Gigante; Todorov, 2021).

A avaliação sensorial constitui, portanto, importante ferramenta para verificar se as transformações ocorridas durante a maturação resultam em um produto capaz de atender às

expectativas dos consumidores. No caso do Queijo Minas Artesanal, a preservação da identidade regional depende do equilíbrio entre tradição, qualidade tecnológica e aceitação comercial, tornando indispensável a compreensão integrada dos fatores que influenciam a percepção sensorial do produto (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017; Penna; Gigante; Todorov, 2021).

1.2.3.3 Influência dos fatores ambientais na maturação

O ambiente de maturação exerce influência direta sobre a velocidade das transformações microbiológicas, bioquímicas e físico-químicas que ocorrem no Queijo Minas Artesanal. Temperatura, umidade relativa do ar, circulação de ar e condições higiênico-sanitárias atuam de forma integrada, determinando a intensidade da perda de umidade, o desenvolvimento da microbiota superficial e a evolução das características tecnológicas e sensoriais do produto (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017).

A temperatura é um dos principais fatores responsáveis pela atividade metabólica dos microrganismos e pela velocidade das reações enzimáticas durante a maturação. Temperaturas elevadas aceleram a proteólise, a lipólise e a evaporação da água, podendo resultar em maturação excessivamente rápida, maior endurecimento da casca e intensificação das perdas de massa. Em contrapartida, temperaturas inferiores às recomendadas retardam essas transformações, prolongando o tempo necessário para o desenvolvimento das características típicas do queijo (Walstra; Wouters; Geurts, 2006).A umidade relativa do ambiente influencia diretamente o equilíbrio hídrico entre o queijo e o meio externo. Ambientes excessivamente secos favorecem elevada perda de água, formação de casca espessa e alterações na textura, enquanto umidade excessiva pode estimular o crescimento de bolores e leveduras na superfície do produto. Dessa forma, o controle desse parâmetro constitui um dos principais fatores para obtenção de maturação uniforme e redução das perdas tecnológicas (Embuscado; Huber, 2009; Sharma; Saini; Sharma, 2018).

A circulação de ar também desempenha papel relevante ao influenciar simultaneamente a evaporação da água e a renovação da atmosfera na câmara de maturação. Ventilação excessiva acelera a desidratação superficial, enquanto circulação insuficiente favorece condensação de umidade e desenvolvimento microbiológico indesejável. Assim, a combinação equilibrada entre temperatura, umidade relativa e movimentação do ar representa condição essencial para a estabilidade do processo de maturação (Fox *et al*., 2017).

Além dos fatores ambientais internos às câmaras de maturação, condições relacionadas ao sistema de produção podem influenciar as características do leite utilizado na fabricação do queijo. Aspectos como manejo do rebanho, estágio de lactação, sanidade animal, qualidade da silagem e estabilidade nutricional refletem-se na composição físico-química do leite e, consequentemente, no comportamento do queijo durante a maturação (Chilliard *et al*., 2007).

No presente estudo, os queijos foram produzidos com leite proveniente de vacas mantidas em sistema Compost Barn, alimentadas predominantemente com silagem de milho durante todo o período experimental. Esse sistema proporcionou relativa estabilidade nutricional e sanitária do rebanho, reduzindo a influência de variações alimentares sobre a composição do leite. Dessa forma, as diferenças observadas entre os lotes produzidos ao longo do segundo semestre de 2025 e do primeiro semestre de 2026 estiveram predominantemente relacionadas às oscilações das condições ambientais de maturação, especialmente temperatura e umidade relativa do ar, e não a alterações expressivas na dieta dos animais (Chilliard *et al*., 2007; Fox *et al*., 2017).

Essa padronização do sistema de produção reforça a importância do ambiente de maturação como um dos principais fatores responsáveis pela variabilidade observada em queijos artesanais, justificando o interesse por tecnologias capazes de reduzir a influência das condições ambientais sem interferir nas transformações naturais responsáveis pela identidade do produto (Sharma; Saini, Sharma, 2018; Albuquerque *et al*., 2024).

1.2.4 Revestimentos alimentícios aplicados em queijos maturados

A utilização de revestimentos alimentícios representa uma das principais estratégias empregadas para proteger queijos durante a maturação, reduzindo perdas por desidratação, preservando a qualidade microbiológica superficial e favorecendo maior uniformidade entre os lotes produzidos. Além de atuar como barreira física entre o produto e o ambiente, esses materiais podem controlar as trocas de vapor de água e gases, minimizar danos mecânicos e contribuir para a conservação das características físico-químicas e sensoriais do queijo ao longo do período de maturação (Embuscado; Huber, 2009; Galus; Kadzińska, 2015; Sharma; Saini; Sharma, 2018).

O desenvolvimento de novos materiais para revestimento acompanhou a evolução tecnológica da indústria de alimentos e a crescente demanda por sistemas de conservação que reduzissem perdas sem comprometer a identidade dos produtos tradicionais. Atualmente, os

revestimentos alimentícios abrangem desde materiais naturais, como ceras e biopolímeros, até formulações poliméricas de elevada estabilidade, sendo selecionados conforme as características do queijo, o tempo de maturação e os objetivos tecnológicos pretendidos (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017).

No Queijo Minas Artesanal, cuja maturação constitui etapa fundamental para o desenvolvimento das características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais, a utilização de revestimentos alimentícios tem despertado crescente interesse por representar uma alternativa capaz de reduzir perdas de massa e aumentar a padronização do produto sem interferir nas transformações bioquímicas responsáveis pela sua tipicidade. Dessa forma, compreender a evolução desses materiais, suas funções tecnológicas e sua aplicação em queijos maturados torna-se essencial para avaliar seu potencial de utilização na produção artesanal (Sharma; Saini; Sharma, 2018; Albuquerque *et al*., 2024).

1.2.4.1 Evolução dos revestimentos alimentícios

A proteção superficial de alimentos por meio da aplicação de revestimentos acompanha a história da fabricação de queijos. Antes do desenvolvimento de materiais sintéticos, produtores utilizavam recursos disponíveis localmente, como gordura animal, óleos vegetais, folhas, tecidos encerados e ceras naturais, com o objetivo de reduzir a perda de umidade, proteger a superfície contra contaminações e prolongar o período de conservação dos alimentos. Embora apresentassem eficiência limitada, esses métodos representaram os primeiros sistemas de barreira empregados na maturação de queijos (Embuscado; Huber, 2009).

Com o avanço da industrialização no século XX, a parafina passou a ser amplamente utilizada devido ao baixo custo, facilidade de aplicação e elevada capacidade de reduzir a desidratação dos queijos. Entretanto, sua baixa permeabilidade aos gases dificulta as trocas gasosas necessárias ao processo de maturação, podendo favorecer defeitos tecnológicos e exigindo cuidados adicionais durante sua aplicação e remoção (Fox *et al*., 2017).

Nas últimas décadas, a evolução da Ciência e Tecnologia de Alimentos impulsionou o desenvolvimento de revestimentos formulados com polímeros alimentícios, proteínas, polissacarídeos e lipídios, capazes de formar películas contínuas e semipermeáveis. Esses materiais passaram a oferecer maior controle sobre as trocas de vapor de água e gases, permitindo preservar a umidade do queijo sem impedir a ocorrência das transformações bioquímicas

inerentes à maturação. Paralelamente, surgiram os chamados revestimentos ativos, formulados com compostos antimicrobianos, antioxidantes ou agentes funcionais destinados a ampliar a estabilidade e a vida útil dos alimentos (Galus; Kadzińska, 2015; Sharma; Saini; Sharma, 2018).

No Brasil, a utilização de revestimentos alimentícios em queijos ganhou maior relevância com a modernização da cadeia produtiva e com a crescente valorização dos queijos artesanais. A busca por tecnologias que conciliam conservação, padronização e respeito às características tradicionais do produto tornou esses materiais objeto de interesse tanto da pesquisa científica quanto do setor produtivo. No caso do Queijo Minas Artesanal, esse cenário foi fortalecido pela legislação estadual, que passou a admitir a incorporação de inovações tecnológicas desde que não comprometam o modo tradicional de produção, a identidade e a tipicidade do queijo (Minas Gerais, 2018).

Atualmente, os revestimentos alimentícios são considerados importantes ferramentas tecnológicas para a maturação de queijos, permitindo associar ganhos de rendimento, maior estabilidade durante o armazenamento e melhor padronização do produto final. Sua evolução reflete a busca contínua por soluções capazes de integrar inovação tecnológica, segurança dos alimentos e preservação das características que conferem autenticidade aos queijos tradicionais (Fox *et al*., 2017; Sharma; Saini; Sharma, 2018; Albuquerque *et al*., 2024).

1.2.4.2 Funções tecnológicas dos revestimentos alimentícios

Os revestimentos alimentícios exercem diferentes funções tecnológicas durante a maturação de queijos, atuando principalmente na proteção da superfície do produto e na modulação das interações entre o queijo e o ambiente. A eficiência desses materiais depende de sua composição química, da espessura da película formada e das propriedades de permeabilidade ao vapor de água e aos gases, características que influenciam diretamente a evolução da maturação (Embuscado; Huber, 2009; Fox *et al*., 2017).

Uma das principais funções dos revestimentos consiste na redução da perda de umidade. Durante a maturação, a evaporação contínua da água provoca diminuição da massa, alterações na textura e concentração dos constituintes sólidos do queijo. A formação de uma película semipermeável reduz a velocidade desse processo, contribuindo para maior estabilidade físico-química e melhor rendimento industrial, sem impedir as transformações bioquímicas necessárias ao desenvolvimento das características típicas do produto (McSweeney, 2017; Sharma; Saini;

Sharma, 2018).

Outra função importante é a proteção da superfície contra contaminações externas. O revestimento atua como barreira física, reduzindo a deposição de partículas e de microrganismos provenientes do ambiente de maturação. Dependendo da formulação, a película também pode incorporar compostos antimicrobianos ou antifúngicos, ampliando a proteção superficial e reduzindo o desenvolvimento de bolores e leveduras deteriorantes (Galus; Kadzińska, 2015; Sharma; Saini; Sharma, 2018).

Os revestimentos também contribuem para a preservação da integridade física do queijo. A película protege a superfície contra pequenas fissuras, abrasões e danos decorrentes do manuseio, favorecendo uma aparência mais uniforme durante a maturação e o armazenamento. Essa característica apresenta importância comercial, especialmente para queijos maturados destinados à venda com casca, nos quais a aparência constitui um dos primeiros atributos avaliados pelo consumidor (Fox *et al*., 2017).

Além da proteção física, os revestimentos auxiliam na padronização do processo de maturação. Ao reduzir a intensidade das trocas de umidade com o ambiente, tornam a evolução do queijo menos suscetível às oscilações de temperatura e umidade relativa do ar, favorecendo maior uniformidade entre lotes produzidos em diferentes períodos do ano. Esse aspecto assume relevância em sistemas artesanais, nos quais as condições ambientais podem variar significativamente ao longo do ciclo produtivo (Embuscado; Huber, 2009; Penna; Gigante; Todorov, 2021).

Embora desempenhem papel importante na conservação, os revestimentos alimentícios não substituem as Boas Práticas de Fabricação nem as condições adequadas de maturação. Sua eficiência depende da qualidade da matéria-prima, das condições higiênico-sanitárias do processamento e do controle dos parâmetros ambientais durante a maturação. Dessa forma, esses materiais devem ser compreendidos como tecnologias complementares, capazes de aumentar a estabilidade e a uniformidade do produto sem alterar os mecanismos naturais responsáveis pelo desenvolvimento das características típicas dos queijos maturados (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017; Sharma; Saini; Sharma, 2018).

1.2.4.3 Principais tipos de revestimentos alimentícios utilizados em queijos maturados

Os revestimentos empregados na maturação de queijos podem ser classificados de acordo

com sua composição química e suas propriedades funcionais. A escolha do material depende do tipo de queijo, do tempo de maturação, das características desejadas para o produto final e das condições de processamento, buscando conciliar proteção, estabilidade e preservação das características típicas do alimento (Embuscado; Huber, 2009; Fox *et al*., 2017).

As ceras naturais constituem uma das formas mais tradicionais de revestimento utilizadas em queijos maturados. Produzidas principalmente a partir de cera de abelha, cera de carnaúba ou misturas comerciais, apresentam boa capacidade de reduzir a perda de umidade e conferir proteção mecânica à superfície. Entretanto, sua aplicação requer aquecimento, apresenta menor flexibilidade e pode dificultar a remoção após a maturação, fatores que restringem seu uso em determinados sistemas produtivos (Embuscado; Huber, 2009).

A parafina tornou-se amplamente utilizada ao longo do século XX devido ao seu baixo custo, facilidade de aplicação e elevada eficiência na redução da desidratação. Contudo, sua baixa permeabilidade aos gases pode limitar parcialmente as trocas gasosas necessárias ao desenvolvimento adequado da maturação, além de apresentar menor elasticidade, favorecendo o aparecimento de fissuras quando submetida a variações de temperatura ou deformações da superfície do queijo (Fox *et al*., 2017)

Os revestimentos formulados à base de polissacarídeos, como amido, celulose, alginato, quitosana e pectina, destacam-se pela capacidade de formar películas transparentes e biodegradáveis. Em geral, apresentam boa permeabilidade aos gases, porém menor eficiência como barreira ao vapor de água, sendo frequentemente utilizados em associação com compostos lipídicos para melhorar seu desempenho tecnológico (Galus; Kadzińska, 2015).

Os revestimentos elaborados com proteínas, incluindo caseína, proteínas do soro do leite, gelatina e proteínas vegetais, formam películas com elevada resistência mecânica e boa aderência à superfície dos alimentos. Além de contribuírem para a proteção física do produto, apresentam boa compatibilidade com diferentes compostos bioativos, permitindo sua utilização em formulações funcionais (Embuscado; Huber, 2009).

Os revestimentos constituídos por lipídios ou misturas lipídicas apresentam elevada eficiência na redução da perda de umidade devido à sua natureza hidrofóbica. Entretanto, costumam apresentar menor resistência mecânica e maior susceptibilidade ao aparecimento de trincas quando utilizados isoladamente, razão pela qual são frequentemente incorporados a sistemas multicamadas ou formulações compostas (Galus; Kadzińska, 2015).

Nos últimos anos, ganharam destaque os revestimentos compostos, que combinam polissacarídeos, proteínas e lipídios em uma mesma formulação, buscando reunir as vantagens de cada grupo de materiais. Essa associação permite obter películas com melhor equilíbrio entre resistência mecânica, permeabilidade seletiva, flexibilidade e estabilidade durante a maturação, tornando-se uma das principais tendências na conservação de alimentos (Sharma; Saini; Sharma, 2018).

Paralelamente, desenvolveram-se os chamados revestimentos ativos, formulados com compostos capazes de exercer funções adicionais de conservação, como antioxidantes, antimicrobianos, antifúngicos e agentes absorvedores de oxigênio. Esses sistemas ampliam a vida útil dos alimentos ao controlar fatores responsáveis pela deterioração, mantendo simultaneamente as características sensoriais do produto (Galus; Kadzińska, 2015; Sharma; Saini; Sharma, 2018).

A evolução desses materiais possibilitou o desenvolvimento de revestimentos poliméricos comerciais especificamente destinados à maturação de queijos. Esses produtos apresentam formulações padronizadas, elevada facilidade de aplicação e propriedades físico-químicas controladas, permitindo maior uniformidade entre lotes e melhor desempenho tecnológico quando comparados aos revestimentos tradicionalmente empregados. Entre esses materiais destacam-se as resinas alimentícias à base de polímeros sintéticos autorizados para contato com alimentos, cuja utilização tem crescido tanto na indústria quanto em sistemas artesanais de produção.

1.2.4.4 Resinas alimentícias aplicadas à maturação de queijos

As resinas alimentícias constituem uma classe de revestimentos desenvolvida especificamente para proteger a superfície de queijos durante a maturação e o armazenamento. Diferentemente das ceras e parafinas convencionais, essas formulações são aplicadas na forma de dispersões aquosas, formando películas contínuas, flexíveis e aderentes após a evaporação da água. Essa característica favorece uma cobertura mais uniforme da superfície do queijo e reduz problemas relacionados à formação de fissuras e ao desprendimento do revestimento ao longo da maturação (Embuscado; Huber, 2009; Fox *et al*., 2017).

Entre os materiais mais empregados destacam-se os polímeros derivados do poliacetato de vinila (PVA), acrilatos e outros copolímeros autorizados para contato com alimentos. Essas formulações podem conter plastificantes, pigmentos, emulsificantes e agentes antifúngicos, como a

natamicina, cuja função é controlar o desenvolvimento de bolores e leveduras na superfície dos queijos sem interferir na microbiota responsável pelas transformações bioquímicas que ocorrem no interior da massa (Branen; Davidson; Salminen, 2002; Sharma; Saini; Sharma, 2018).

Além da facilidade de aplicação, as resinas alimentícias apresentam elevada estabilidade durante a maturação, boa aderência à casca e permeabilidade controlada ao vapor de água e aos gases, características que favorecem maior uniformidade do processo e melhor conservação do produto. Essas propriedades têm ampliado sua utilização em diferentes variedades de queijos maturados, especialmente naqueles destinados a períodos prolongados de maturação ou à comercialização com casca íntegra, nos quais a preservação da aparência e a redução das perdas de massa representam importantes fatores tecnológicos e econômicos (Fox *et al*., 2017; Sharma; Saini; Sharma, 2018; Albuquerque *et al*., 2024).

1.2.4.5 Evidências científicas sobre a aplicação de revestimentos em queijos maturados

Os resultados disponíveis na literatura indicam que a eficiência dos revestimentos depende principalmente da composição da película, da espessura aplicada, das condições ambientais de maturação e das características do queijo. Revestimentos formulados com polímeros, proteínas ou polissacarídeos apresentam comportamento distinto quanto à permeabilidade ao vapor de água e aos gases, influenciando diretamente a velocidade de desidratação e, consequentemente, parâmetros como textura, coloração e rendimento industrial. De modo geral, estudos recentes demonstram que películas semipermeáveis promovem maior estabilidade durante a maturação ao reduzir oscilações na perda de umidade sem impedir as trocas gasosas necessárias ao desenvolvimento da microbiota característica dos queijos maturados (Galus; Kadzińska, 2015; Sharma; Saini; Sharma, 2018; El-Sayed; Youssef, 2024).

Outro aspecto amplamente investigado refere-se ao controle microbiológico da superfície dos queijos. Revestimentos incorporados com compostos antifúngicos, como a natamicina, apresentam elevada eficiência na redução do crescimento de bolores e leveduras, principais responsáveis por alterações superficiais e perdas comerciais durante a maturação. Entretanto, esses compostos apresentam ação predominantemente superficial, preservando a microbiota responsável pelas transformações bioquímicas que ocorrem no interior da massa e que conferem identidade aos diferentes tipos de queijo (Branen; Davidson; Salminen, 2002; Sharma; Saini;

Sharma, 2018). Além da conservação, diversos estudos destacam a capacidade dos revestimentos em promover maior uniformidade entre lotes produzidos sob diferentes condições ambientais. A redução da variabilidade na perda de umidade contribui para maior estabilidade da textura, da coloração e do rendimento industrial, aspecto particularmente importante para queijos artesanais, cuja maturação frequentemente ocorre em ambientes sujeitos às oscilações de temperatura e umidade relativa do ar (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017).

Entre os materiais atualmente disponíveis, destacam-se as resinas poliméricas comerciais desenvolvidas especificamente para aplicação em queijos maturados. Essas formulações, geralmente constituídas por dispersões aquosas de polímeros autorizados para contato com alimentos, formam películas contínuas, flexíveis e semi-permeáveis, apresentando elevada aderência à superfície do queijo e boa estabilidade durante a maturação. Quando comparadas às ceras e parafinas tradicionais, oferecem maior facilidade de aplicação, melhor controle das trocas de vapor de água e menor risco de fissuração, favorecendo maior padronização do processo produtivo (Embuscado; Huber, 2009; Galus; Kadzińska, 2015).

No Brasil, a utilização de revestimentos alimentícios em queijos deve atender às normas aplicáveis aos materiais destinados ao contato com alimentos e às Boas Práticas de Fabricação, garantindo que sua aplicação exerça exclusivamente função tecnológica de proteção e conservação. No caso do Queijo Minas Artesanal, a Lei Estadual nº 23.157/2018 representa importante avanço ao reconhecer a possibilidade de incorporação de inovações tecnológicas, desde que estas não descaracterizem o modo tradicional de produção nem comprometam a identidade, a tipicidade e a qualidade do produto (Minas Gerais, 2018).

Embora os avanços observados na literatura internacional demonstrem o potencial dos revestimentos alimentícios para reduzir perdas por desidratação, melhorar a estabilidade microbiológica superficial e favorecer maior uniformidade durante a maturação, ainda são limitadas as pesquisas desenvolvidas com queijos artesanais brasileiros elaborados a partir de leite cru. Revisões recentes evidenciam que a produção artesanal nacional ainda carece de estudos que integrem avaliações microbiológicas, físico-químicas e tecnológicas, especialmente aqueles voltados ao desenvolvimento de estratégias que aumentem a segurança e a padronização dos produtos sem comprometer suas características tradicionais (Albuquerque *et al*., 2024).

No caso específico do Queijo Minas Artesanal da microrregião de Araxá, permanecem

escassas as informações sobre os efeitos da aplicação de revestimentos poliméricos comerciais durante a maturação. Aspectos relacionados à retenção de umidade, evolução da textura, estabilidade microbiológica superficial, comportamento instrumental da cor e uniformidade entre lotes ainda são pouco explorados de forma integrada. Essa lacuna científica justifica o desenvolvimento do presente estudo, que buscou avaliar a influência de um revestimento alimentício comercial à base de poliacetato de vinila sobre as características físico-químicas, microbiológicas, instrumentais e sensoriais do Queijo Minas Artesanal durante a maturação, gerando informações que possam contribuir para a incorporação de tecnologias compatíveis com a preservação da identidade, da qualidade e do patrimônio cultural associado a esse produto tradicional (Albuquerque *et al*., 2024; Minas Gerais, 2018).

1.2.5 Desafios atuais e perspectivas para inovação na produção do Queijo Minas Artesanal

A produção do Queijo Minas Artesanal atravessa um período de importantes transformações, impulsionadas pela crescente valorização dos produtos tradicionais, pela ampliação dos mercados consumidores e pelo fortalecimento das políticas públicas voltadas à agricultura familiar e à agroindustrialização artesanal. Paralelamente a esse cenário de expansão, os produtores enfrentam desafios relacionados à manutenção da identidade do produto, à segurança microbiológica, à padronização da qualidade e à sustentabilidade econômica dos sistemas de produção (Penna, Gigante; Todorov, 2021; Albuquerque *et al*., 2024).

Entre esses desafios, destaca-se a necessidade de reduzir a variabilidade observada durante a maturação. Oscilações de temperatura e umidade relativa do ambiente influenciam diretamente a perda de umidade, o desenvolvimento da microbiota superficial, a evolução da textura e da aparência dos queijos, contribuindo para diferenças entre lotes produzidos em distintas épocas do ano. Essas variações podem comprometer a padronização do produto e aumentar as perdas econômicas decorrentes da redução do rendimento, do crescimento excessivo de bolores e leveduras e do descarte de peças que não atendem aos padrões de comercialização (Fox *et al*., 2017; Sharma; Saini; Sharma, 2018).

Ao mesmo tempo, o consumidor contemporâneo demonstra crescente interesse por alimentos artesanais produzidos com identidade territorial, rastreabilidade, segurança sanitária e qualidade consistente. Esse cenário amplia a necessidade de adoção de tecnologias que contribuam para aumentar a eficiência do processo produtivo sem descaracterizar o modo

tradicional de fabricação, preservando as características sensoriais que distinguem o Queijo Minas Artesanal de outros produtos similares (Albuquerque *et al*., 2024).

Nesse contexto, a inovação tecnológica deve ser compreendida como instrumento de valorização da produção artesanal, e não como elemento de substituição das práticas tradicionais. A própria legislação mineira reconhece essa possibilidade ao admitir a incorporação de tecnologias que promovam melhorias sanitárias, produtivas e de conservação, desde que não alterem a identidade, a tipicidade e as características essenciais do produto. Dessa forma, tradição e inovação deixam de representar conceitos antagônicos e passam a constituir estratégias complementares para a sustentabilidade da cadeia produtiva (Minas Gerais, 2018).

Entre as tecnologias que vêm despertando interesse científico destaca-se a utilização de revestimentos alimentícios durante a maturação. Ao formar uma película protetora sobre a superfície do queijo, esses materiais apresentam potencial para reduzir a perda de umidade, minimizar o desenvolvimento excessivo de bolores e leveduras e aumentar a uniformidade do processo de maturação, preservando simultaneamente às transformações bioquímicas responsáveis pelo desenvolvimento das características típicas do produto. Apesar dos resultados promissores obtidos em diferentes variedades de queijo, ainda são limitadas as informações sobre sua aplicação em Queijo Minas Artesanal produzido na microrregião de Araxá, especialmente sob as condições reais de produção artesanal (Sharma; Saini; Sharma, 2018; Albuquerque *et al*., 2024).

Além da relevância tecnológica, estudos dessa natureza possuem importante contribuição para a conservação do patrimônio cultural associado ao Queijo Minas Artesanal. O recente reconhecimento dos Modos de Fazer o Queijo Minas Artesanal como Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade pela UNESCO reforça a necessidade de desenvolver soluções capazes de fortalecer a sustentabilidade econômica da atividade sem comprometer os conhecimentos tradicionais que caracterizam esse sistema produtivo. Nesse sentido, a pesquisa científica assume papel estratégico ao fornecer evidências que permitam conciliar preservação cultural, segurança dos alimentos, competitividade e inovação (UNESCO, 2024; Minas Gerais, 2018).

Diante desse cenário, torna-se necessária a avaliação científica de tecnologias que contribuam para aumentar a estabilidade da maturação, reduzir perdas tecnológicas e favorecer maior padronização do Queijo Minas Artesanal, preservando simultaneamente sua identidade, tipicidade e modo tradicional de produção. Entre essas tecnologias destaca-se a aplicação de

revestimentos alimentícios durante a maturação, cuja influência sobre as características físico-químicas, microbiológicas, instrumentais e sensoriais do Queijo Minas Artesanal da microrregião de Araxá constitui o objeto de investigação da presente dissertação (Fox *et al*., 2017; Albuquerque *et al*., 2024; Minas Gerais, 2018).

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. M. N. C. de; CAMPOS, G. Z.; D'OUVIDIO, L.; PINTO, U. M.; SOBRA, P. J. do A.; GALVÃO, J. A. Unveiling safety concerns in brazilian artisanal cheeses: a call for enhanced ripening protocols and microbiological assessments. **Foods**, Basel, v. 13, n. 11, e1644, p. 1-14, May 2024. DOI: 10.3390/foods13111644. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/13/11/1644. Acesso em: 18 nov. 2025.

BARBOSA, P. M. da S.; VALENTE, M. E. R. Considerações sobre sinais distintivos de uso coletivo: indicações geográficas, marcas coletivas e a possibilidade de valorização de uma coletividade. **Incaper** em Revista, Vitória, v. 11, e12, p. 61-78, 2021. DOI: 10.54682/ier.v11e12-p61-78. Disponível em: https://revista.incaper.es.gov.br/index.php/ojs/article/view/25. Acesso em: 14 out. 2026.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2002.

BRANEN, A. L.; DAVIDSON, P. M.; SALMINEN, S. **Food additives**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2002.

BRASIL. **Decreto nº 9.918, de 18 de julho de 2019.** Regulamenta o art. 10-A da Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e dispõe sobre o processo de fiscalização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. Brasília, DF: Presidência da República, 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9918.htm. Acesso em: 05 dez. 2025.

BRASI. **Decreto nº 11.099, de 21 de junho de 2022**. Regulamenta o art. 10-A da Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 13.860, de 18 de julho de 2019, para dispor sobre a elaboração e a comercialização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. Brasília, DF: Presidência da República, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11099.htm. Acesso em: 14 out. 2026.

BRASIL. **Lei nº 13.680, de 14 de junho de 2018**. Altera a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, para dispor sobre o processo de fiscalização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. Brasília, DF: Presidência da República, 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13680.htm. Acesso em: 05 dez. 2025.

CHILLIARD, Y; GLASSER, F.; FERLAY, A.; BERNARD, L.; ROUEL, J.; DOREAU, M. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat**. European Journal of Lipid Science and Technology**, Hoboken, v. 109, n. 8, p. 828-855, Aug.2007. DOI: 10.1002/ejlt.200700080. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ejlt.200700080. Acesso em: 05 dez. 2025.

COSTA JÚNIOR, L. C. G.; PAIVA, P. H. C. **Aplicação de resina em Queijo Minas Artesanal para valorização do produto**. Juiz de Fora: EPAMIG/ILCT, 2016. Disponível em: https://epamig.br/ilct/3d-flip-book/aplicacao-de-resina-em-queijo-minas-artesanal-para-valorizacao-do-produto/. Acesso em: 14 out. 2026.

EL-SAYED, S. M.; YOUSSEF, A. M. Emergence of cheese packaging by edible coatings for enhancing its shelf-life. **Journal of Food Measurement and Characterization**, New York, v. 18, p. 5265–5280, May 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s11694-024-02564-0. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-024-02564-0. Acesso em: 14 out. 2026.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Caracterização da microrregião de Araxá como produtora tradicional de Queijo Minas Artesanal**. Araxá: EMATER-MG, 2003.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DE MINAS GERAIS. **Panorama da produção do Queijo Minas Artesanal em Minas Gerais**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2024.
Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/. Acesso em: 12 nov. 2025.

EMBUSCADO, M. E.; HUBER, K. C. **Edible films and coatings for food applications**. New York: Springer, 2009. *E-book*. DOI: 10.1007/978-0-387-92824-1. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-92824-1. Acesso em: 14 nov. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The state of the world's biodiversity for food and agriculture. Rome: FAO, 2019. Disponível em: https://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf. Acesso em: 14 out. 2026.

FOX, P. F.; GUINEE, P. T.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. **Fundamentals of cheese science**. 2. ed. New York: Springer, 2017. *E-book*. DOI: 10.1007/978-1-4899-7681-9. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4899-7681-9. Acesso em: 14 nov. 2025.

GALUS, S.; KADZIŃSKA, J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdã, v. 45, n. 2, p. 273-283, Oct. 2015. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.07.011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224415300406. Acesso em: 18 nov. 2025.

GOBBETTI, M; ANGELIS, M. de; CAGNO, R. di; CALASSO, M.; ARCHETTI, G.; RIZZELLO, C. G. Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation**. International Journal of Food Microbiology**, Amsterdã, v. 302, p. 103-113, Aug. 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160518302770. Acesso em: 15 out. 2026.

HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS ON FOOD SECURITY AND NUTRITION. **Nutrition and food systems**. Rome: Committee on World Food Security, 2017. Disponível em: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE-Report-

12_EN.pdf. Acesso em: 14 out. 2026.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA. **Portaria IMA nº 2.303, de 20 de maio de 2024.** Estabelece o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte: IMA, 2024. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=459460. Acesso em: 14 out. 2026.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Modos de fazer o queijo Minas artesanal.** Brasília, DF: IPHAN, 2008. Disponível em: https://bcr.iphan.gov.br/bens-culturais/modos-de-fazer-o-queijo-minas-artesanal/. Acesso em: 14 out. 2026.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Plano de salvaguarda**: modos de fazer o queijo minas artesanal. Brasília: IPHAN, 2024. Disponível em: https://bibliotecadigital.iphan.gov.br/items/640807e7-0cd4-4d72-9e2c-1fee328c3c22. Acesso em: 20 nov. 2025.

MCSWEENEY, P. L. H. **Cheese**: chemistry, physics and microbiology. 4. ed. London: Academic Press, 2017. Disponível em: https://shop.elsevier.com/books/cheese-chemistry-physics-and-microbiology/mcsweeney/978-0-12-417012-4. Acesso em: 16 nov. 2025.

MINAS GERAIS**. Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002**. Dispõe sobre o processo de produção do Queijo Minas Artesanal e dá outras providências. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2002. Disponível em: https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/LEI/14185/2002/. Acesso em: 10 nov. 2025.

MINAS GERAIS. **Lei nº 23.157, de 18 de dezembro de 2018**. Dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2018. Disponível em: https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/LEI/23157/2018/. Acesso em: 10 nov. 2025.

NEWTON, I. [**Correspondência**]. Destinário: Robert Hooke. Cambridge, 05 fev. 1675. 1 carta.

NIEDERLE, P. A; VITROLLES, D. Indicações geográficas e qualificação no setor vitivinícola brasileiro. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 5–55, 2010. Disponível em: https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/319. Acesso em: 14 out. 2026.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Tech**nology, New York,v. 6, p. 36-60, Jan. 2013. DOI: 10.1007/s11947-012-0867-9. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0867-9. Acesso em: 18 nov. 2025.

PENNA, A. L B; GIGANTE, M. L; TODOROV, S. D. Artisanal brazilian cheeses-history, marketing, technological and microbiological aspects**. Foods**, Basel, v.10, n.7, e1562. p. 1-21, Jul. 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10071562. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/10/7/1562. Acesso em: 15 out. 2026.

SAINT-HILAIRE, A. **Viagem às nascentes do Rio São Francisco**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1975.

SLOW FOOD. **Slow Food communities & projects on food biodiversity**. Bra, 17 Jan. 2020. Disponível em: https://www.slowfood.com/blog-and-news/slow-food-communities-projects-on-food-biodiversity-ark-of-taste-presidia/. Acesso em: 15 out. 2026.

SHARMA, L; SAINI, C. S.; SHARMA, H. K. Edible coatings: potential applications in food packaging. *In*: SHARMA, H. K; PANESAR, P. (ed.). **Technologies in food processing**. New York: Apple Academic Press, 2018. p. 151-174. *E-book*. Disponível em: https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/b22422-14/edible-coatings-potential-applications-food-packaging-loveleen-sharma-charanjiv-singh-saini-harish-kumar-sharma. Acesso em: 15 out. 2026.

TRINH, K. T.; GLASGOW, S. On the texture profile analysis test. *In*: CHEMECA, 2012, Wellington. **Proceedings** [...] Wellington: Engineers Australia, 2012. p. 1-12. Disponível em: https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.866776798728296 . Acesso em: 17 nov. 2025.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Convention for the safeguarding of the intangible cultural heritage**. Paris: UNESCO, 2003. Disponível em: https://www.unesco.org/en/legal-affairs/convention-safeguarding-intangible-cultural-heritage. Acesso em: 14 out. 2026.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Traditional ways of making artisan minas cheese included in Unesco's intangible cultural heritage list**. Paris: UNESCO, 2024. Disponível em: https://www.unesco.org/en/articles/traditional-ways-making-artisan-minas-cheese-included-unescos-intangible-cultural-heritage-list, Acesso em: 03 dez. 2025.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy science and technology**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. Disponível em: https://biot409.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/02/16-dairy-science-and-technology.pdf. Acesso em: 15 nov. 2025.

CAPÍTULO II AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO DE POLIACETATO DE VINILA NA PRODUÇÃO E MATURAÇÃO DE QUEIJO MINAS ARTESANAL DA MICRORREGIÃO DE ARAXÁ

RESUMO

O Queijo Minas Artesanal da microrregião de Araxá destaca-se pela relevância econômica, social, cultural e gastronômica, sendo um dos principais produtos da agroindústria mineira. Entretanto, durante a maturação, a perda de umidade e o desenvolvimento de microrganismos superficiais podem comprometer a qualidade, a uniformidade e o rendimento do produto. Nesse contexto, a utilização de revestimentos alimentícios surge como alternativa tecnológica para minimizar essas perdas sem alterar as características tradicionais do queijo. O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de uma resina alimentícia comercial sobre as características físico-químicas, microbiológicas, textura e sensoriais do Queijo Minas Artesanal produzido na microrregião de Araxá. Foram avaliados queijos submetidos a dois tratamentos (controle e resinado) aos 7, 14, 21 e 28 dias de maturação, utilizando três lotes independentes produzidos entre o segundo semestre de 2025 e o primeiro semestre de 2026. Foram realizadas análises de contagens de bolores e leveduras, coliformes a 35 °C e 45 °C, umidade, dureza (*Texture Profile Analysis* – TPA) e cor instrumental (L*, a* e b*). A aplicação do revestimento diminuiu o desenvolvimento superficial de bolores e leveduras ao longo da maturação, principalmente quando da utilização do revestimento de poliacetato de vinila. Entretanto, não houve influência da aplicação do revestimento sobre os parâmetros físicos e fisico-químicos ($p \geq 0,05$), havendo apenas influência no tempo de maturação, com redução da umidade, aumentando a dureza e aumento discreto na tonalidade de verde dos queijos durante os 28 dias analisados. Concluiu-se que o revestimento alimentício representa uma alternativa tecnológica viável para reduzir perdas durante a maturação, melhorar a estabilidade microbiológica superficial e favorecer a padronização do Queijo Minas Artesanal, preservando suas características tradicionais e agregando valor ao produto.

Palavras-chave: queijo minas artesanal; maturação; revestimento alimentício; microbiologia de alimentos; qualidade de queijo.

ABSTRACT

Artisanal Minas Cheese from the Araxá microregion is one of the most representative traditional dairy products of Minas Gerais, Brazil, playing an important economic, social, cultural, and gastronomic role. However, moisture loss and the development of surface microorganisms during ripening may negatively affect product quality, uniformity, and yield. In this context, edible coatings have emerged as a promising technological alternative to minimize these losses while preserving the traditional characteristics of the cheese. The present study aimed to evaluate the influence of a poly(vinyl acetate) (PVA)-based edible coating on the physicochemical, microbiological, instrumental, and sensory characteristics of Artisanal Minas Cheese produced in the Araxá microregion. Cheeses from two treatments (control and coated) were evaluated after 7, 14, 21, and 28 days of ripening using three independent production batches manufactured between the second half of 2025 and the first half of 2026. Moisture, pH, titratable acidity, texture profile analysis (TPA), instrumental color (L*, a*, and b*), counts of molds and yeasts, total coliforms (35 °C), thermotolerant coliforms (45 °C), and sensory acceptance were determined. The edible coating reduced moisture loss, contributed to greater stability of texture and color, decreased the development of surface molds and yeasts, and did not interfere with the natural reduction of coliforms during ripening. In addition, coated cheeses showed greater uniformity among batches produced under different seasonal conditions without affecting consumer acceptance. The results demonstrate that the PVA-based edible coating is a feasible technological alternative for reducing ripening losses, improving superficial microbiological stability, and enhancing product standardization while preserving the traditional characteristics and identity of Artisanal Minas Cheese.

Keywords: artisanal minas cheese; ripening; edible coating; texture; microbiology; quality.

2.1 Introdução

O Queijo Minas Artesanal (QMA) constitui um dos mais representativos produtos da agroindústria tradicional brasileira, destacando-se por sua relevância econômica, social, histórica e cultural. Produzido a partir de leite cru, utilizando fermento endógeno (*pingo*) e técnicas transmitidas entre gerações, esse queijo representa importante fonte de renda para milhares de agricultores familiares e integra o patrimônio alimentar do estado de Minas Gerais. Além de seu papel socioeconômico, o QMA possui forte identidade territorial, sendo diretamente influenciado pelas características ambientais, microbiológicas e culturais de cada microrregião produtora, fatores que conferem ao produto atributos sensoriais singulares e elevada diversidade tecnológica (EMATER, 2003; Penna; Gigante; Todorov, 2021).

O reconhecimento da importância cultural do Queijo Minas Artesanal foi consolidado por diferentes instrumentos legais e patrimoniais. No Brasil, os "modos de fazer o Queijo Minas Artesanal" foram registrados como Patrimônio Cultural do Brasil pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), valorizando o conhecimento tradicional associado à sua produção. Mais recentemente, esse modo de fazer alcançou reconhecimento internacional com sua inscrição na Lista Representativa do Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade da UNESCO, reforçando sua relevância como patrimônio cultural, econômico e gastronômico e ampliando a necessidade de conciliar a preservação das práticas tradicionais com a incorporação de inovações tecnológicas compatíveis com sua identidade (IPHAN, 2008; UNESCO, 2024).

Entre as regiões produtoras de Minas Gerais, destaca-se a microrregião de Araxá, cuja tradição queijeira remonta ao início do século XIX, conforme descrições do naturalista francês Auguste de Saint-Hilaire. Atualmente, essa região reúne expressivo número de propriedades produtoras e mantém características particulares relacionadas às condições edafoclimáticas, ao manejo dos rebanhos, à microbiota autóctone e às práticas de fabricação, elementos que contribuem para a formação do *terroir* e para a diferenciação do produto em relação às demais regiões produtoras (Saint-Hilaire, 1975; EMATER-MG, 2003; *Montel et al.,* 2014).

A maturação constitui uma das etapas mais importantes da fabricação do Queijo Minas Artesanal, sendo responsável pelo desenvolvimento das características de textura, aroma, sabor, cor e estabilidade microbiológica que definem a identidade do produto. Durante esse período, ocorrem transformações bioquímicas, físico-químicas e microbiológicas resultantes da ação

integrada das enzimas naturais do leite, do coalho residual e da microbiota presente no queijo. Simultaneamente, a perda gradual de umidade promove modificações estruturais na matriz proteica, influenciando diretamente a firmeza, a elasticidade, a coloração e a atividade de água, parâmetros fundamentais para a qualidade tecnológica e sensorial do produto (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017; Bevilacqua; Corbo; Sinigaglia, 2018).

Embora a redução do teor de umidade seja parte natural do processo de maturação, perdas excessivas podem comprometer o rendimento econômico, favorecer a formação de fissuras superficiais e intensificar o desenvolvimento de bolores e leveduras deteriorantes, resultando em maior necessidade de intervenções durante a cura e em redução da qualidade comercial dos queijos. Essas alterações tendem a ser mais pronunciadas em sistemas artesanais, nos quais as condições de temperatura, umidade relativa e ventilação apresentam maior variabilidade em comparação aos sistemas industriais (Walstra; Wouters; Geurts, 2006; Penna; Gigante; Todorov, 2021).

Nesse contexto, a utilização de revestimentos alimentícios tem despertado crescente interesse como estratégia para controlar a perda de umidade, reduzir o crescimento de microrganismos superficiais e promover maior uniformidade da maturação. Entre os diferentes materiais disponíveis, as resinas poliméricas destacam-se pela capacidade de formar películas semipermeáveis aderidas à superfície do queijo, permitindo controlar as trocas de vapor de água e gases sem impedir a continuidade das transformações bioquímicas características da maturação. Diversos estudos relatam resultados promissores quanto à redução da perda de massa, melhoria da aparência superficial e maior estabilidade microbiológica em diferentes variedades de queijo, embora os efeitos observados dependam das características do revestimento e do produto avaliado (Embuscado; Huber, 2009; Galus; Kadzińska, 2015; Sharma; Saini; Sharma, 2018).

Apesar do avanço das pesquisas envolvendo revestimentos alimentícios, observa-se que a maior parte dos estudos foi desenvolvida com queijos produzidos em sistemas industriais ou com variedades tradicionais europeias, existindo número reduzido de investigações direcionadas ao Queijo Minas Artesanal. Além disso, são escassos os trabalhos que avaliam simultaneamente os efeitos da aplicação de resinas alimentícias comerciais sobre parâmetros físico-químicos, microbiológicos, instrumentais e sensoriais durante a maturação, especialmente em queijos produzidos na microrregião de Araxá. Essa lacuna científica limita a adoção dessas tecnologias por produtores artesanais e dificulta a geração de recomendações técnicas fundamentadas para

sua utilização em condições reais de produção.

Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de um revestimento alimentício à base de poliacetato de vinila (PVA) sobre as características do Queijo Minas Artesanal durante a maturação. Foram avaliadas a perda de umidade, a dureza, a cor e as características microbiológicas do produto, buscando verificar o potencial do revestimento como estratégia tecnológica para reduzir as alterações decorrentes da maturação e contribuir para a manutenção da qualidade e das características tradicionais do queijo produzido na microrregião de Araxá.

2.2 Procedimentos metodológicos

2.2.1 Delineamento experimental e caracterização da amostragem

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 × 4, composto por dois tratamentos (queijos sem aplicação de revestimento alimentício e queijos submetidos à aplicação de resina alimentícia) e quatro períodos de maturação (7, 14, 21 e 28 dias), sendo realizadas três repetições biológicas independentes, correspondentes a três diferentes lotes de produção durante o segundo semestre de 2025 e o primeiro semestre de 2026. O revestimento utilizado consistiu na resina comercial Globalsystem® Coat Preto, composta por uma dispersão aquosa de poliacetato de vinila (PVA), glicerina, corante alimentício e natamicina, conforme especificações do fabricante. A aplicação da resina foi realizada após o sétimo dia de maturação, período necessário para que ocorresse a formação inicial da casca e a perda superficial de umidade, permitindo adequada aderência do revestimento à superfície do queijo.

A cada repetição, foram coletadas oito unidades de Queijo Minas Artesanal, provenientes do mesmo lote de fabricação e de uma propriedade produtora localizada no município de Sacramento, pertencente à microrregião de Araxá, Minas Gerais. Dessas unidades, quatro foram destinadas ao tratamento controle, sem aplicação de revestimento, e quatro receberam o revestimento alimentício à base de PVA. As unidades de cada tratamento foram destinadas às análises nos quatro tempos de maturação avaliados (7, 14, 21 e 28 dias), sendo analisada uma unidade controle e uma unidade revestida em cada tempo de maturação.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas individualmente em embalagens plásticas

a vácuo e transportadas, sob condições adequadas de conservação, aos Laboratórios de Microbiologia e de Bromatologia do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) – *Campus* Uberaba, onde foram realizadas, nos mesmos dias das coletas, as análises microbiológicas, físicas e físico-químicas.

2.2.2 Análises microbiológicas

Inicialmente, foram preparadas diluições decimais seriadas das amostras utilizando água peptonada 0,1% como diluente. Todos os procedimentos de amostragem, preparo das diluições, inoculação, incubação e contagem seguiram as recomendações do *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (Downes; Ito, 2001).

Para a contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) de bolores e leveduras das amostras de queijo foi utilizado o plaqueamento em superfície das diluições das amostras em Ágar DRBC (Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicos), seguido por incubação a 25 ºC por 5 dias.

Foram determinados também os Números Mais Prováveis (NMP) de coliformes a 35°C e coliformes a 45°C, utilizando série de 3 tubos através do teste presuntivo em caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) incubados a 35ºC por 24-48h e confirmação, quando necessário, em caldo Verde Brilhante (VB) e caldo *Escherichia coli* (EC), respectivamente para coliformes a 35ºC e a 45ºC, incubados por mais 24-48h.

2.2.3 Análises físico-químicas e físicas

As análises físico-químicas e físicas foram realizadas logo após as análises microbiológicas. As amostras foram fracionadas em porções representativas, utilizando faca de aço inoxidável e ralador sanitizados, visando à obtenção de material homogêneo para as determinações laboratoriais.

2.2.3.1 Determinação da umidade

A umidade foi determinada em triplicata, utilizando o método gravimétrico descrito na norma IDF 4 para determinação de sólidos totais, conforme os métodos oficiais do Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2019). Os resultados foram expressos em percentual (g/100g).

2.2.3.2 Dureza

A análise instrumental da dureza das amostras de queijo foi realizada em sextuplicata utilizando texturômetro TA-XTplus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Haslemer, Surrey, England).

De cada amostra de queijo foram obtidos seis corpos de prova cilíndricos com aproximadamente 3 cm de diâmetro e 3 cm de altura retirados da região intermediária do queijo, descartando-se a casca e a porção central, de modo a minimizar possíveis variações estruturais entre as amostras. Os corpos de prova foram acondicionados sob refrigeração a aproximadamente 14 °C por, no mínimo, 1 hora e 30 minutos antes da realização dos ensaios, visando à uniformização da temperatura das amostras.

Os ensaios de análise de dureza foram conduzidos empregando teste de dupla compressão (*double compression test*), realizado em dois ciclos consecutivos, com deformação correspondente a 30% da altura inicial da amostra, à velocidade de 1 mm s^{-1}, conforme metodologias empregadas na avaliação instrumental da textura de queijos (Murtaza *et al*., 2017; O'Mahony; Lucey; McSweeney, 2005).

A dureza, em gramas-força (gf), foi calculada automaticamente pelo software acoplado ao equipamento, conforme definições propostas por Bourne (2002). Os resultados foram então convertidos em Newton (N) para análise e discussão.

Para cada unidade experimental foi considerada a média das seis determinações analíticas obtidas, sendo essa média utilizada nas análises estatísticas subsequentes.

2.2.3.3 Cor instrumental

A determinação da cor foi realizada na porção interna dos queijos utilizando um colorímetro KONICA Minolta CR 400, operando no sistema CIE L*a*b*. Foram obtidos os parâmetros de luminosidade (L*), coordenada cromática verde-vermelho (a*) e coordenada cromática azul-amarelo (b*), no qual L* = luminosidade variando do preto (0) ao branco (100), a* = intensidade/variação do verde (-60) ao vermelho (+60) e b* = intensidade/ variação do azul (-60) ao amarelo (+60). As leituras foram realizadas em 3 pontos internos distintos de cada amostra, sem contar a casca dos queijos, sendo os resultados expressos como média das determinações.

2.2.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos à análise descritiva, sendo calculadas as médias e os desvios-padrão. Posteriormente, os resultados das análises físico-químicas, físicas e microbiológicas quantitativas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando o delineamento fatorial 2 × 4, constituído por dois tratamentos (controle e resinado) e quatro períodos de maturação (7, 14, 21 e 28 dias), com três repetições experimentais. Foram avaliados os efeitos do tratamento, do período de maturação e da interação entre esses fatores, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Para as variáveis que apresentaram efeito significativo do período de maturação, foram avaliados os modelos de regressão, considerando o tempo de maturação como variável independente, sendo selecionado o modelo que melhor representasse o comportamento dos dados, de acordo com os critérios estatísticos aplicáveis. Quando identificadas diferenças significativas entre médias dos tratamentos ou interação significativa entre tratamento e período de maturação, foram realizadas comparações de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Para as variáveis microbiológicas quantitativas expressas em UFC/g ou NMP/g, os dados foram avaliados quanto à distribuição e, quando necessário, submetidos à transformação logarítmica antes da análise estatística. Os resultados de análises microbiológicas qualitativas, expressos em presença ou ausência, foram tratados de acordo com a natureza categórica da variável, não sendo submetidos à ANOVA convencional. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R, versão 4.6.0 (R Core Team, 2026).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Análises microbiológicas

A qualidade microbiológica constitui um dos principais indicadores de segurança e estabilidade dos queijos artesanais produzidos a partir de leite cru. Durante a maturação do Queijo Minas Artesanal ocorre intensa sucessão microbiana, caracterizada pela redução progressiva de microrganismos indicadores de contaminação e pela predominância de microrganismos adaptados às condições impostas pela diminuição da atividade de água, redução do pH, aumento da concentração salina e disponibilidade limitada de nutrientes. Essas modificações decorrem da interação entre os fatores intrínsecos do queijo e as condições ambientais de maturação, sendo

fundamentais para o desenvolvimento das características sensoriais e para a estabilidade microbiológica do produto (Fox *et al.,* 2017; Pasquale *et al.,* 2014; Penna; Gigante; Todorov*,* 2021; Albuquerque *et al.,* 2024).

Além das transformações naturais decorrentes da maturação, a aplicação de revestimentos alimentícios pode influenciar o comportamento microbiológico dos queijos ao modificar parcialmente as condições da superfície do produto. A formação de uma película protetora reduz a deposição de partículas suspensas, diminui a velocidade de desidratação e limita o desenvolvimento excessivo de microrganismos deteriorantes, especialmente bolores e leveduras. Entretanto, o revestimento não possui ação esterilizante e não substitui as Boas Práticas de Fabricação nem as condições adequadas de maturação, atuando como tecnologia complementar para preservação da qualidade do produto (Embuscado; Huber, 2009; Sharma; Saini; Sharma, 2018; Albuquerque *et al.,* 2024).

O desenvolvimento de bolores e leveduras representa uma das principais causas de perdas econômicas durante a maturação de queijos artesanais. Embora determinadas espécies possam contribuir positivamente para o desenvolvimento de aroma e sabor em variedades específicas de queijo, o crescimento descontrolado desses microrganismos favorece alterações indesejáveis na aparência, produção de pigmentos, formação de micotoxinas por algumas espécies e necessidade de raspagem superficial, reduzindo o rendimento comercial do produto (Pitt; Hocking, 2009; Fox *et al*., 2017).

Percebeu-se nitidamente no presente estudo que a utilização do revestimento de poliacetato de vinila inibiu o desenvolvimento de bolores e leveduras nos queijos (tabela 1). Já no sétimo dia de maturação, ou seja, apenas 1 dia após a aplicação do revestimento, a população desses microrganismos já estava 2 ciclos logarítmicos abaixo (5,8) quando comparado à população do tratamento sem a utilização do revestimento (7,8), indicando que o revestimento atuou como barreira física adicional à colonização superficial (Sharma; Saini; Sharma, 2021; Embuscado; Huber, 2009). Esse comportamento pode ser explicado pela formação de uma película contínua sobre a superfície do queijo, reduzindo a deposição de esporos provenientes do ambiente e limitando parcialmente as condições favoráveis ao desenvolvimento de fungos filamentosos e leveduras.

Tabela 1- Médias das populações (UFC/g) de bolores e leveduras em QMA Artesanal da microrregião de Araxá, com e sem revestimento de poliacetato de vinila, ao longo da maturação por até 28 dias

Tratamento	Tempo de maturação (dias)			
	7	14	21	28
Sem revestimento	$5{,}8 \times 10^7$ (7,8)*	$3{,}1 \times 10^7$ (7,5)	$8{,}7 \times 10^6$ (6,9)	$7{,}0 \times 10^6$ (6,8)
Com revestimento	$7{,}1 \times 10^5$ (5,8)	$3{,}8 \times 10^5$ (5,6)	$8{,}1 \times 10^5$ (5,9)	$4{,}4 \times 10^4$ (4,6)

Fonte: elaborada pela autora (2026).
Nota: médias de 3 repetições. * Os valores entre parênteses referem-se ao log10 das populações.

É importante salientar que o revestimento Globalsystem® Coat possui natamicina na sua composição, o que pode explicar as menores populações de bolores e leveduras no queijo revestido. A natamicina é amplamente empregada na produção de queijos maturados devido à sua elevada eficácia contra bolores e leveduras deteriorantes, sem interferir significativamente na microbiota bacteriana responsável pela maturação. Além disso, sua baixa solubilidade em água limita a difusão para o interior do queijo, mantendo a atividade predominantemente na superfície, característica especialmente desejável em queijos maturados, nos quais a proteção da casca contra contaminações por *Penicillium, Aspergillus, Cladosporium* e leveduras é essencial para preservar a qualidade sensorial e aumentar a vida útil sem interferir nos processos bioquímicos de maturação (Molinos *et al*., 2025; Sayed *et al*., 2025; Sharma; Saini; Sharma, 2018).

Destaca-se que a redução observada nas contagens não indica eliminação da microbiota superficial, mas sim controle do crescimento excessivo desses microrganismos. Em queijos artesanais maturados, o equilíbrio microbiológico é desejável, uma vez que determinadas leveduras participam das transformações bioquímicas responsáveis pelo desenvolvimento das características sensoriais do produto (Pasquale *et al.,* 2014; Fox *et al*., 2017).

Ao longo da maturação, houve tendência de diminuição das populações de bolores e leveduras, independente da utilização do revestimento, havendo populações de $7{,}0 \times 10^6$ e $4{,}4 \times 10^4$ UFC/g para os queijos sem e com revestimento aos 28 dias de maturação, mantendo a diferença de dois ciclos logarítmicos aos 28 dias de maturação (tabela 1).

Os resultados obtidos demonstram que a aplicação do revestimento alimentício contribuiu para melhorar a estabilidade microbiológica superficial do Queijo Minas Artesanal durante a maturação, reduzindo a necessidade potencial de intervenções corretivas, como raspagens frequentes da casca, e favorecendo maior uniformidade entre os queijos produzidos. Além disso,

o controle do desenvolvimento excessivo de bolores e leveduras pode contribuir para a redução das perdas tecnológicas, preservação da aparência comercial e aumento da vida útil do produto, sem comprometer as transformações microbiológicas desejáveis associadas ao processo de maturação (Penna; Gigante; Todorov, 2021; Sharma; Saini; Sharma, 2018; Albuquerque *et al.,* 2024).

Os resultados obtidos para as populações de coliformes a 35°C e coliformes a 45°C encontram-se apresentados na Tabela 2. Observou-se tendência de redução das contagens de coliformes a 35 °C ao longo da maturação em ambos os tratamentos, passando de 16,4 e 12,4 NMP/g, respectivamente para os queijos sem e com revestimento, no sétimo dia de maturação para menor que 3 NMP/g no 14º dia de maturação do queijo com revestimento, o que foi observado no queijo sem revestimento apenas no 21º dia de maturação. Os coliformes a 45 °C foram detectados apenas na primeira repetição do experimento, no queijo sem revestimento aos 7 dias de maturação. Em todas as outras amostras, durante a maturação em ambos os tratamentos, as populações estiveram abaixo de 3 NMP/g, que é o limite detectável da análise, evidenciando a eficiência da etapa de maturação na diminuição desses microrganismos indicadores e também à adoção de Boas Práticas de Fabricação desde a higiene da ordenha até a obtenção do queijo produzido com o leite cru. Esse comportamento está de acordo com a literatura, que demonstra que a maturação constitui importante etapa para o aumento da segurança microbiológica dos queijos artesanais elaborados com leite cru, desde que associada à adoção de Boas Práticas de Fabricação e ao cumprimento dos períodos mínimos de maturação estabelecidos pela legislação (Penna; Gigante; Todorov, 2021; Albuquerque *et al*., 2024).

Tabela 2- Médias das populações (NMP/g) de coliformes a 35ºC e de coliformes a 45ºC em QMA da microrregião de Araxá, com e sem revestimento de poliacetato de vinila, ao longo da maturação por até 28 dias

Microrganismo	Tratamento	Tempo de maturação (dias)			
		7	14	21	28
Coliformes a 35ºC	Sem revestimento	16,4	4,8	< 3,0	< 3,0
	Com revestimento	12,4	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Coliformes a 45ºC	Sem revestimento	7,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
	Com revestimento	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0

Fonte: elaborada pela autora (2026).
Nota: médias de 3 repetições.

Esta redução da população de microrganismos indicadores é esperada em queijos elaborados com leite cru e submetidos à maturação adequada. Esses resultados demonstram que as condições microbiológicas do produto evoluíram de forma compatível com o processo natural de maturação, refletindo a ação conjunta dos fatores intrínsecos do queijo e da microbiota benéfica presente na massa (Fox *et al.,* 2017; Penna; Gigante; Todorov, 2021).

Quando comparados os tratamentos, verificou-se que a aplicação do revestimento alimentício não promoveu alterações expressivas na dinâmica de redução dos coliformes a 35°C. Esse comportamento era esperado, uma vez que a resina foi aplicada exclusivamente sobre a superfície do queijo, enquanto os coliformes avaliados encontram-se distribuídos predominantemente na massa do produto. Dessa forma, o revestimento exerce efeito limitado sobre esse grupo microbiano, atuando principalmente na proteção superficial e no controle da perda de umidade (Embuscado; Huber, 2009; Sharma; Saini; Sharma, 2018). Resultados semelhantes foram descritos por Penna, Gigante e Todorov (2021), que destacam que a maturação do Queijo Minas Artesanal favorece a redução progressiva dos microrganismos indicadores em função da acidificação da massa e da competição exercida pela microbiota lática. Fox *et al.* (2017) também ressaltam que a combinação entre redução da atividade de água, diminuição do pH e disponibilidade limitada de nutrientes constitui um dos principais mecanismos responsáveis pela inativação gradual desses microrganismos durante a maturação.

Os coliformes a 35°C constituem importante grupo de microrganismos indicadores das condições higiênico-sanitárias adotadas durante a obtenção do leite, fabricação e manipulação dos queijos. Embora nem todos os microrganismos pertencentes a esse grupo sejam patogênicos, sua presença em níveis elevados pode indicar falhas nas Boas Práticas de Fabricação (BPF), deficiências de higiene durante o processamento ou contaminação ambiental ao longo da cadeia produtiva. Os coliformes a 45 °C, também denominados coliformes termotolerantes, constituem um importante grupo de microrganismos indicadores de contaminação fecal recente e representam um dos principais parâmetros microbiológicos utilizados na avaliação da segurança sanitária de alimentos. A presença desses microrganismos em níveis elevados pode indicar falhas nas condições de higiene durante a obtenção da matéria-prima, manipulação, processamento ou maturação dos alimentos, justificando sua utilização como critério microbiológico em produtos lácteos elaborados a partir de leite cru (Silva *et al*., 2017; Franco; Landgraf, 2008; Downes; Ito, 2001).

A maturação exerce papel fundamental na redução da população de coliformes, uma vez que as modificações físico-químicas ocorridas durante esse processo, como a redução do pH, da atividade de água (*aw*) e o aumento relativo da concentração de sal, tornam o ambiente progressivamente menos favorável à sobrevivência desses microrganismos. Além disso, a microbiota lática naturalmente presente no Queijo Minas Artesanal exerce importante efeito competitivo, produzindo ácidos orgânicos, bacteriocinas e outros metabólitos que contribuem para a redução da população de bactérias indicadoras (Fox *et al*., 2017; Pasquale *et al*., 2014; Penna; Gigante; Todorov, 2021).

No Queijo Minas Artesanal, a redução das populações de coliformes termotolerantes durante a maturação pode estar associada, portanto, à ação antagonista da microbiota lática autóctone. Esses microrganismos produzem ácidos orgânicos, peróxido de hidrogênio, bacteriocinas e outros metabólitos com potencial antimicrobiano, contribuindo para a inibição progressiva de bactérias sensíveis ao longo da maturação. A atuação dessa microbiota ocorre de forma integrada às transformações da matriz do queijo, favorecendo a redução dos microrganismos indicadores à medida que o processo maturativo avança (Fox *et al*., 2017).

É importante destacar que a natamicina presente na composição da resina possui ação antifúngica específica, sendo eficaz contra bolores e leveduras, porém sem atividade significativa sobre bactérias Gram-negativas pertencentes ao grupo dos coliformes. Assim, eventuais reduções observadas nas contagens ao longo da maturação devem ser atribuídas predominantemente aos efeitos naturais de maturação e não à aplicação do revestimento alimentício (Sharma; Saini; Sharma, 2018). Esse aspecto é relevante sob o ponto de vista tecnológico, pois demonstra que o revestimento atua

como ferramenta auxiliar de conservação sem interferir negativamente na dinâmica microbiológica característica do processo maturativo (Albuquerque *et al*., 2024).

2.3.2 Análises físico-químicas e físicas

A avaliação dos efeitos do tratamento (sem ou com revestimento) e dos tempos de maturação (7, 14, 21 e 28 dias) sobre as características de umidade, dureza e parâmetros de luminosidade (L*), variação de cor verde (a*) e cor amarela (b*) mostrou que não houve a influência da utilização do revestimento alimentício nessas características ($p \geq 0,05$), indicando

que a utilização do revestimento não altera as características dos queijos (tabela 3). Entretanto, foi observado efeito do tempo de maturação ($p<0,05$) sobre a umidade, a dureza, a luminosidade (L) e cor amarela (b*) dos queijos analisados.

Tabela 3- Valores-p dos efeitos do tratamento (sem ou com revestimento de poliacetato de vinila) e do tempo de maturação sobre a umidade, dureza e parâmetros de cor em QMA da microrregião de Araxá

	Valor-p				
	umidade	dureza	cor		
			L*	a*	b*
tratamento (T)	0,5019ns	0,2577ns	0,5257ns	0,2127ns	0,3122ns
tempo de maturaça˜o (t)	< 0,0001	0,0151	0,1295ns	0,0052	0,3026ns
T x t	0,6173ns	0,8954ns	0,2097ns	0,7456ns	0,8801ns

Fonte: elaborada pela autora (2026).
Nota: ns = não significativo ($p \geq 0,05$).

2.3.2.1 Umidade

A análise de variância demonstrou que o tratamento não exerceu efeito significativo sobre a umidade dos queijos ($p = 0,5019$). Em contrapartida, o tempo de maturação apresentou efeito significativo sobre essa variável ($p < 0,0001$), indicando redução da umidade ao longo do período avaliado (tabela 4). Não foi observada interação significativa entre tratamento e tempo de maturação ($p = 0,6173$), indicando que os efeitos desses fatores ocorreram de forma independente sobre a umidade dos queijos. Dessa forma, a redução da umidade observada ao longo da maturação ocorreu independentemente da aplicação do revestimento, não sendo evidenciada diferença significativa entre os tratamentos quanto a essa variável.

A umidade é um dos principais parâmetros envolvidos na maturação de queijos, exercendo influência direta sobre a qualidade do produto. A redução gradual do teor de água durante a maturação promove modificações na estrutura da matriz proteica, altera a atividade de água (*aw*), influencia a velocidade das reações bioquímicas e interfere diretamente na textura, no rendimento industrial e na estabilidade microbiológica do queijo (Fox *et al*., 2017; McSweeney, 2017; Walstra; Wouters; Geurts, 2006), o que seguramente vai interferir na percepção sensorial pelo consumidor.

A tabela 4 apresenta os valores médios de umidade dos queijos submetidos aos tratamentos com e sem aplicação de revestimento alimentício durante os diferentes períodos de maturação.

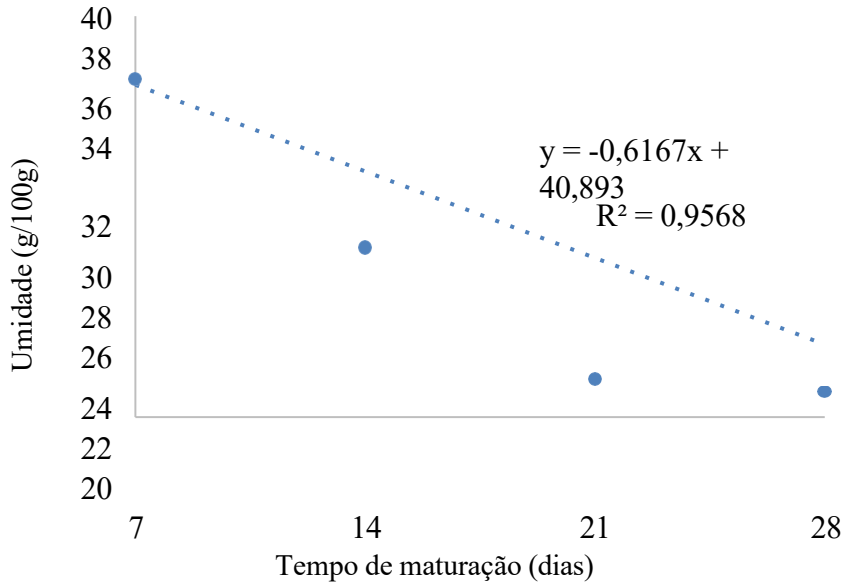
Tabela 4- Umidade (g/100g) em QMA da microrregião de Araxá, com e sem revestimento de poliacetato de vinila, ao longo da maturação por até 28 dias

Tratament) Tratamento	Tempo de maturação (dias)			
	7	14	21	28
Sem revestimento	37,9 g	30,4 g	26,2 g	24,3 g
Com revestimento	36,7 g	33,3 g	26,7 g	25,1 g

Fonte: elaborada pela autora (2026).

Observou-se redução linear progressiva do teor de umidade em ambos os tratamentos ao longo do período de maturação, variando de 37,9 e 36,7 g/100g nos queijos sem e com revestimento aos 7 dias de maturação até 24,3 e 25,1 g/100g, respectivamente, aos 28 dias de maturação (tabela 4). A equação ajustada do teor de umidade em função dos dias de maturação mostra que a cada 1 dia de maturação, espera-se uma redução de 0,61 g/100g na umidade dos queijos (gráfico 1).

Gráfico 1- Umidade (g/100g) de QMA da microrregião de Araxá em função do tempo de maturação



Fonte: elaborado pela autora (2026).

Esse comportamento de perda de umidade é esperado para queijos maturados em

decorrência da evaporação de água para o ambiente e da reorganização estrutural da matriz proteica durante o processo de cura (Fox *et al.*, 2017; McSweeney, 2017).

O revestimento à base de poliacetato de vinila (PVA) é utilizado principalmente para proteger a superfície do queijo contra contaminações por bolores e leveduras, minimizar danos mecânicos e atuar como veículo para a aplicação de natamicina, sem constituir uma barreira totalmente impermeável ao vapor de água. Embora permita a continuidade das trocas gasosas necessárias à maturação, essa película reduz a velocidade de difusão do vapor de água, diminuindo a desidratação superficial e, consequentemente, a perda de massa do produto (Embuscado; Huber, 2009; Galus; Kadzińska, 2015; Sharma; Saini; Sharma, 2018; Youssef *et al.* (2019) observaram redução significativa da perda de umidade em queijos revestidos com filmes, atribuindo esse comportamento à menor permeabilidade ao vapor de água promovida pelo revestimento. De maneira semelhante, Sharma; Saini e Sharma (2018) destacam que revestimentos poliméricos aplicados durante a maturação reduzem a taxa de desidratação superficial, favorecendo maior estabilidade físico-química e prolongando a vida útil dos queijos. Entretanto, no presente estudo, não foi observado efeito ($p \geq 0,05$) do uso do revestimento na retenção da umidade dos queijos quando comparado ao tratamento sem revestimento (tabela 3). Amer *et al*. (2023), avaliando queijo maturado por 180 dias e submetido à aplicação de filme plástico a base de polietileno contendo natamicina, observaram redução progressiva da umidade em todos os tratamentos ao longo da maturação, demonstrando que a presença do revestimento não foi capaz de impedir a perda de água decorrente da evolução do processo maturativo. Os autores atribuíram esse comportamento à permeabilidade do revestimento ao vapor de água e destacaram que fatores como espessura da película, composição do polímero, umidade relativa do ambiente de maturação exercem maior influência sobre a retenção de água do que a simples presença do revestimento.

2.3.2.2 Dureza

A análise de variância demonstrou que o tratamento não exerceu efeito significativo sobre a dureza dos queijos ($p = 0,258$). Em contrapartida, o tempo de maturação apresentou efeito significativo sobre essa variável ($p = 0,015$), indicando aumento da dureza ao longo do período avaliado. Não foi observada interação significativa entre tratamento e tempo de maturação ($p = 0,895$), indicando que os efeitos desses fatores ocorreram de forma independente sobre a dureza

dos queijos. Dessa forma, o aumento da dureza observado ao longo da maturação ocorreu independentemente da aplicação do revestimento, não sendo evidenciada diferença significativa entre os tratamentos quanto a essa variável.

A dureza é um dos principais parâmetros instrumentais utilizados para caracterizar a textura de queijos. Na Análise de Perfil de Textura, esse atributo corresponde à força máxima registrada durante a primeira compressão da amostra, representando a resistência da matriz do queijo à deformação mecânica (Tunick, 2023).

Pôde-se observar que a dureza dos queijos variou de 76,22 N a 128,50 N no queijo sem o revestimento de poliacetato de vinila e de 58,08 N a 123,28 N no queijo revestido, considerando o intervalo entre 7 e 28 dias de maturação (tabela 5)

Tabela 5- Dureza (N) em QMA da microrregião de Araxá, com e sem revestimento de poliacetato de vinila, ao longo da maturação por até 28 dias

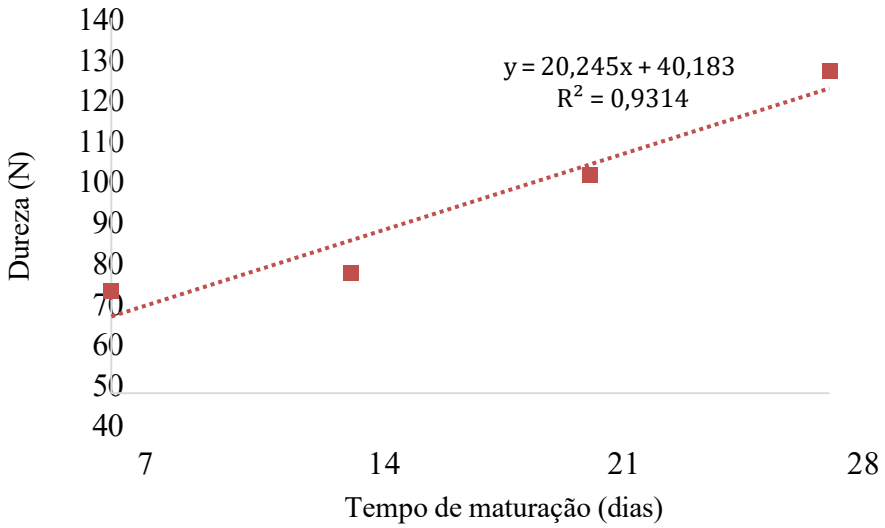
Tratamento	Tempo de maturação (dias)			
	7	14	21	28
Sem revestimento	76,2 N	74,08 N	105,99 N	128,50 N
Com revestimento	58,08 N	69,83 N	90,38 N	123,28 N

Fonte: elaborada pela autora (2026).

As modificações observadas na dureza dos queijos durante esse período resultam da perda gradual de umidade (tabela 4) e também de outros possíveis fatores, como a proteólise, a desmineralização parcial da matriz de caseínas e a reorganização da estrutura proteica, fatores que alteram as propriedades mecânicas do queijo ao longo do tempo, segundo relatos de Fox *et al*. (2017); McSweeney (2017) e Bourne (2002).

A equação ajustada da dureza dos queijos em função dos dias de maturação mostra que a cada 1 dia de maturação, espera-se um aumento linear de 2,8921 N na dureza dos queijos (gráfico 2).

Gráfico 2- Dureza (N) de QMAl da microrregião de Araxá em função do tempo de maturação



Fonte: elaborado pela autora (2026).

2.3.2.3 Cor instrumental

A cor constitui um dos principais atributos de qualidade do Queijo Minas Artesanal, sendo um dos primeiros parâmetros percebidos pelo consumidor durante a avaliação do produto. Além de influenciar diretamente a aceitação comercial, a coloração reflete alterações físico-químicas decorrentes da maturação, como a perda de umidade, a concentração dos constituintes sólidos, a atividade enzimática e o desenvolvimento da microbiota superficial (Pathare; Opara; Al-Said, 2013; McSweeney, 2017; Fox *et al*., 2017).

O sistema CIELAB permite quantificar objetivamente alterações de coloração associadas à composição do leite, concentração de pigmentos, teor de gordura, umidade, processos oxidativos e mudanças bioquímicas durante a maturação dos queijos, sendo considerado uma ferramenta importante para controle de qualidade e comparação entre tratamentos. Estudos recentes em alimentos destacam que os valores L*, a* e b* são atualmente os principais parâmetros utilizados para representar a cor instrumental, possibilitando relacionar alterações visuais com modificações físico-químicas dos produtos (Choi; Park; Son, 2023).

A análise de variância revelou que o tratamento não influenciou significativamente a nenhum dos parâmetros L a* e b* ($p \geq 0,05$), bem como não foi observada nenhuma interação significativa entre tipo de queijo e tempo de maturação (tabela 3). Em relação ao tempo de

maturação, não houve efeito ($p \geq 0,05$) dessa variável nos parâmetros de luminosidade (L*) e de intensidade de amarelo (b*), mas houve efeito do tempo de maturação na intensidade de verde (a*) do queijos ($p = 0,0052$), indicando aumento linear discreto de verde (b*) ao longo do período de maturação.

Os valores médios dos parâmetros de cor determinados pelo sistema CIELAB encontram-se apresentados na tabela 6.

Tabela 6- Parâmetros de cor instrumental em QMA da microrregião de Araxá, com e sem revestimento de poliacetato de vinila, ao longo da maturação por até 28 dias

Parâmetro de cor	Tratamento	Tempo de maturação (dias)			
		7	14	21	28
Luminosidade (L*)	Sem revestimento	89,47	85,04	85,38	82,41
	Com revestimento	84,60	85,39	85,64	83,85
Intensidade de verde (a*)	Sem revestimento	-6,54	-6,70	-7,42	-7,54
	Com revestimento	-6,21	-6,71	-6,86	-7,42
Intensidade de amarelo (b*)	Sem revestimento	18,70	19,81	20,88	20,67
	Com revestimento	17,87	19,45	18,92	20,39

Fonte: elaborada pela autora (2026).

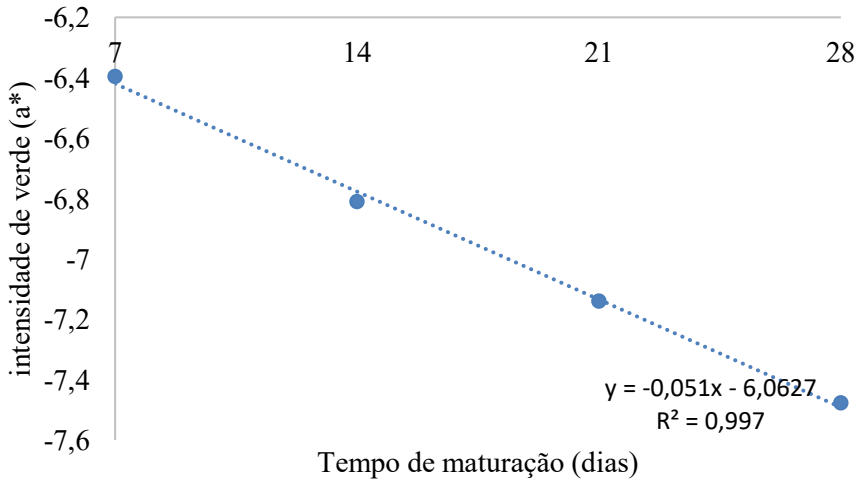
O parâmetro L* representa a luminosidade da amostra, variando de 0 (preto) a 100 (branco). Em queijos maturados, alterações nesse parâmetro estão associadas principalmente à redução do teor de umidade, às modificações estruturais da matriz proteica e à concentração dos sólidos durante a maturação (Pathare; Opara; Al-Said, 2013; Fox *et al*., 2017). No presente estudo, as amostras apresentaram valores mais intensos para a escala de branco, variando de 89,47 a 82,41 nos queijos sem revestimento com 7 e 28 dias de maturação, respectivamente. Apesar de não haver diferença significativa a 5%, as menores médias foram observadas nos queijos maturados por 28 dias, o que coincide com a redução da umidade (tabela 3) ao longo da maturação.

O parâmetro a* representa a variação entre os tons verdes (valores negativos) e vermelhos (valores positivos) e no presente estudo, todas as amostras de queijo tiveram valores negativos, ou seja, na escala dos tons de verde. Em queijos artesanais, esse parâmetro normalmente sofre pequenas variações durante a maturação, sendo influenciado principalmente pela concentração dos pigmentos naturais do leite, pelas reações de oxidação e pelas modificações estruturais da matriz proteica (Pathare; Opara; Al-Said, 2013; Fox *et al*., 2017). As diferenças observadas entre os tratamentos indicam que o revestimento alimentício não promoveu alterações significativas

nesse parâmetro. Entretanto, o tempo de maturação exerceu influência significativa sobre a coloração, com aumento da intensidade da tonalidade verde ao longo do período avaliado, evidenciado pela redução dos valores médios de -6,21 no início da maturação para -7,54 no 28º dia.

A equação ajustada da intensidade de verde (-a*) dos queijos em função dos dias de maturação mostra que a cada 1 dia de maturação, espera-se um aumento linear de 0,05 nos tons de verde dos queijos (gráfico 3).

Gráfico 3- Intensidade de verde (-a*) de QMA da microrregião de Araxá em função do tempo de maturação



Fonte: elaborado pela autora (2026).

Em um estudo de revisão sobre a cor de diversos tipos de queijo, Ferraz, Pintado e Serralheiro (2024) relatam que quando ocorre um aumento da intensidade de verde (a*), tornando-se ligeiramente mais negativo, há uma relação principalmente com a reorganização da matriz proteica, às mudanças na dispersão da luz provocadas pela perda de umidade e à degradação ou transformação de pigmentos naturais presentes na gordura do leite. Em outro estudo, Abarquero *et al*. (2024) observaram correlação negativa entre tempo de maturação de queijo Castellano e o parâmetro a*, indicando que o valor de a* diminuiu durante a maturação, ou seja, aumentou o componente verde, como o encontrado no presente estudo. Os autores atribuíram esse comportamento à interação entre proteólise, perda de água e desenvolvimento da microbiota superficial e que, embora os valores absolutos de a* variassem entre os diferentes tratamentos, as mudanças permaneceram pequenas, reforçando que esse parâmetro apresenta baixa amplitude.

O parâmetro b* representa a intensidade da coloração entre o azul (valores negativos) e o amarelo (valores positivos), sendo fortemente influenciado pela concentração de carotenoides presentes na gordura do leite e pelo efeito da desidratação durante a maturação (Pathare; Opara; Al-Said, 2013; Fox *et al*., 2017).

Os resultados de b* variaram entre 17,87 e 20,88, ou seja, dentro da coloração amarela, o que já é esperado para queijos (tabela 5). A análise de variância demonstrou que o revestimento alimentício não exerceu efeito significativo sobre a intensidade da coloração amarela. Entretanto, o tempo de maturação apresentou efeito significativo sobre esse parâmetro (tabela 5), com variação dos valores médios ao longo do período avaliado e maior intensidade da coloração amarela aos 28 dias de maturação. Essa alteração está associada ao efeito do tempo de maturação sobre a variável, não sendo estabelecida, com base na análise estatística realizada, relação direta entre a redução do teor de umidade e o aumento da intensidade da coloração amarela.

2.4 Conclusão

Os resultados demonstraram que o revestimento alimentício à base de poliacetato de vinila constitui uma alternativa tecnológica viável para a maturação do Queijo Minas Artesanal da microrregião de Araxá, reduzindo o desenvolvimento superficial de bolores e leveduras e favorecendo a conservação durante o processo. A aplicação do revestimento não comprometeu a redução natural de coliformes a 35 °C e 45 °C, nem promoveu alterações significativas na umidade, dureza e parâmetros de cor dos queijos em comparação aos não revestidos nos mesmos períodos de maturação.

Dessa forma, o revestimento mostrou-se uma estratégia de inovação compatível com a preservação da identidade, tipicidade e características tradicionais do Queijo Minas Artesanal, possibilitando o aperfeiçoamento do processo de maturação sem descaracterizar o produto, em consonância com os princípios estabelecidos pela Lei Estadual nº 23.157/2018.

REFERÊNCIAS

ABARQUERO, I.; BODELÓN, R.; MANSO, C.; RIVERO, P.; FRESNO, J. M. TORNADIJO, M. E. Effect of autochthonous starter and non-starter cultures on the physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of Castellano cheese**. International Journal of Dairy Technology**, Tibberton, v.77, n. 1, p. 234-245, Feb. 2024. DOI: https://doi.org/10.1111/1471-0307.13007. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1471-0307.13007. Acesso em 24 jul 2026.

ALBUQUERQUE, T. M. N. C. de; CAMPOS, G. Z.; D'OUVIDIO, L.; PINTO, U. M.; SOBRA, P. J. do A.; GALVÃO, J. A. Unveiling safety concerns in brazilian artisanal cheeses: a call for enhanced ripening protocols and microbiological assessments. **Foods**, Basel, v. 13, n. 11, e1644, p. 1-14, May 2024. DOI: 10.3390/foods13111644. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/13/11/1644. Acesso em: 18 nov. 2025,

AMER, D. A.; ALBADRI, A. A. M.; EL-HAMSHARY, H. A.; NEHELA, Y.; MAKHLOUF, A. H.; EL-HAWARY, M. Y.; AWAD, S. A. **Changes in sensory properties, physico-chemical characteristics, and aromas of ras cheese under different coating techniques**. Foods, Basel, v. 12, n. 10, p.1-16, May 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/foods12102023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/12/10/2023. Acesso em: 24 jul. 2026.

BEVILACQUA,, A.; CORBO, M. R.; SINIGAGLIA, M. (ed.). **The microbiological quality of food**: foodborne spoilers. Cambridge: Woodhead Publishing, 2018. Disponível em: https://shop.elsevier.com/books/the-microbiological-quality-of-food/ray/9780081005026. Acesso em: 21 fev. 2026.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos oficiais para análise de alimentos de origem animal**. Brasília: MAPA, 2019. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/ALA/Manual_IQA_ALA. Acesso em: 19 fev. 2026.

CHOI, H. W.; PARK, S. E.; SON, H. S. Color image expression through CIE Lab* system in foods. **Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition**, Busan, v. 52, n. 2, p. 223-230, 2023. DOI: https://doi.org/10.3746/jkfn.2023.52.2.223. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/368981026_Color_Image_Expression_through_CIE_Lab_System_in_Foods. Acesso em: 05 dez. 2025.

DOWNES, F. P.; ITO, K. (ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: American Public Health Association, 2001. Disponível em: https://www.apha.org/Publications-and-Periodicals/APHA-Press. Acesso em: 20 fev. 2026.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Caracterização da microrregião de Araxá como produtora tradicional de Queijo Minas Artesanal**. Araxá: EMATER-MG, 2003.

EMBUSCADO, M. E.; HUBER, K. C. **Edible films and coatings for food applications**. New York: Springer, 2009. *E-book*. DOI: 10.1007/978-0-387-92824-1. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-92824-1. Acesso em: 14 nov. 2025.

FERRAZ, A. R.; PINTADO, C. S.; SERRALHEIRO, M. L. A global review of cheese colour: microbial discolouration and innovation opportunities. **Dairy**, Basel, v. 5, n. 4, p. 768-785, Nov. 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/dairy5040056. Disponível em: https://www.mdpi.com/2624-862X/5/4/56. Acesso em: 14 out. 2026.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; McSWEENEY, Paul L. H. Microbiology of cheese ripening. *In*: FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. **Fundamentals of cheese science**. 2. ed. New York: Springer, 2017. chap. 11, p. 333-390. Disponível em: https://research.ucc.ie/en/publications/microbiology-of-cheese-ripening/?utm_source=chatgpt.com . Acesso em: 28 ago. 2026.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

GALUS, S.; KADZIŃSKA, J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdã, v. 45, n. 2, p. 273-283, Oct. 2015. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.07.011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224415300406. Acesso em: 18 nov. 2025.

MCSWEENEY, P. L. H. **Cheese**: chemistry, physics and microbiology. 4. ed. London: Academic Press, 2017. Disponível em: https://shop.elsevier.com/books/cheese-chemistry-physics-and-microbiology/mcsweeney/978-0-12-417012-4. Acesso em: 16 nov. 2025.

MOLINOS, X. ; HERNANDÉZ-GARCIA, L. ; ROIG, P.; MARTINÉZ-CULEBRAS, P. Antifungal proteins against cheese spoilage fungi. International Journal of Food Science & Technology, v. 60, n. 2, p. 1-10, Jul. 2025. DOI: https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf150.. Disponível em: https://academic.oup.com/ijfst/article/60/2/vvaf150/8300243. Acesso em: 28 ago. 2026.

MONTEL, M. C.; BUCHIN, S.; MALETT, DELBES-PAUS, C.; VUITTON, D. A.; DESMASURES, N.; BERTHIER, F. Traditional cheeses: rich and diverse microbiota with associated benefits. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdã, v. 177, p. 136-154, May 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160514001068?via%3Dihub. Acesso em: 22 fev. 2026.

MURTAZA, M. S.; SAMEEN, A.; HUMA, N.; HUSSAIN, F. Influence of hydrocolloid gums on textural, functional and sensory properties of low fat cheddar cheese from buffalo milk. **Pakistan**

Journal of Zoology, Burnley, v. 49, n. 1, p. 27-34, Feb. 2017. DOI: 10.17582/journal.pjz/2017.49.1.27.34. Disponível em: https://researcherslinks.com/email-this-article-to-colleague/Influence-Hydrocolloid-Gums-Properties-Cheddar-Cheese-from-Buffalo-Milk/20/1/242?utm_source=chatgpt.com . Acesso em: 28 ago. 2026.

O'MAHONY, J. A.; LUCEY, J. A.; MCSWEENEY, P. L. H. Chymosin-mediated proteolysis, calcium solubilization, and texture development during the ripening of cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, Bethesda, v. 88, n. 9, p. 3101-3114, Sep. 2005. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72992-1.
Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16107399/. Acesso em: 28 ago. 2026.

PASQUALE, I. de; CALASSO, M.; MANCINI, L.; ERCOLINI, D.; STORIA, A. L.; ANGELIS, M. de; CAGNO, R. di; GOBBETTI, M. Causal Relationship between microbial ecology dynamics and proteolysis during manufacture and ripening of Protected Designation of Origin (PDO) cheese canestrato Pugliese. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 80, n. 14, p. 4085-4094, June. 2014. DOI: https://doi.org/10.1128/AEM.00757-14. Disponível em: https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/aem.00757-14. Acesso em: 28 ago. 2026.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Tech**nology, New York,v. 6, p. 36-60, Jan. 2013. DOI: 10.1007/s11947-012-0867-9. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0867-9. Acesso em: 18 nov. 2025.

PENNA, A. L B; GIGANTE, M. L; TODOROV, S. D. Artisanal brazilian cheeses-history, marketing, technological and microbiological aspects**. Foods**, Basel, v.10, n.7, e1562, p. 1-21, Jul. 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10071562. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/10/7/1562. Acesso em: 15 out. 2026.

PITT, J. I.; HOCKING, A. D. **Fungi and food spoilage**. 3. ed. New York: Springer, 2009.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2026. Disponível em: https://www.R-project.org/. Acesso em: 29 ago 2026.

SAINT-HILAIRE, A. **Viagem às nascentes do Rio São Francisco**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1975.

SHARMA, L; SAINI, C. S.; SHARMA, H. K. Edible coatings: potential applications in food packaging. *In*: SHARMA, H. K; PANESAR, P. (ed.). **Technologies in food processing**. New York: Apple Academic Press, 2018. p. 151-174. *E-book*. Disponível em: https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/b22422-14/edible-coatings-potential-applications-food-packaging-loveleen-sharma-charanjiv-singh-saini-harish-kumar-sharma. Acesso em: 15 out. 2026.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M.M.; IAMANAKA, B. T. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

TUNICK, M. H. Cheese rheology and texture. *In*: TUNICK, M. H. (ed.). **Handbook of cheese chemistry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2023, chap. 9, p. 202-222. DOI: https://doi.org/10.1039/BK9781839169908-00202. Disponível em: https://books.rsc.org/books/edited-volume/2085/Handbook-of-Cheese-Chemistry. Acesso em: 17 nov. 2025.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Traditional ways of making artisan minas cheese included in Unesco's intangible cultural heritage list**. Paris: UNESCO, 2024. Disponível em: https://www.unesco.org/en/articles/traditional-ways-making-artisan-minas-cheese-included-unescos-intangible-cultural-heritage-list, Acesso em: 03 dez. 2025.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy science and technology**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. Disponível em: https://biot409.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/02/16-dairy-science-and-technology.pdf. Acesso em: 15 nov. 2025.

YOUSSEF, A. M.; ASSEM, F. M.; ABDEL-AZIZ, M. E.; ELAASER, M.; IBRAHIM, O. A.; MAHMOUD, M.; ABD EL-SALAM, M. H. Development of bionanocomposite materials and its use in coating of Ras cheese. **Food Chemistry,** Amsterdã, v. 270, p. 467–475, Jan. 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.114. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618312603?via%3Dihub. Acesso em: 14 out. 2026.