

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO LEITE E DERIVADOS
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO LEITE E
DERIVADOS

CRISLAINE DA SILVA CARBONARO

Efeito da temperatura de coagulação e prensagem manual nas características do
queijo Minas Artesanal da região do Campo das Vertentes

Juiz de Fora

2024

CRISLAINE DA SILVA CARBONARO

Efeito da temperatura de coagulação e prensagem manual nas características do
queijo Minas Artesanal da região do Campo das Vertentes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Profa. Dra. Renata Golin Bueno Costa
Coorientador: Profa. Dra. Denise Sobral

Juiz de Fora
2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

CARBONARO, CRISLAINE S..

Efeito da temperatura de coagulação e prensagem manual nas características do queijo Minas Artesanal da região do Campo das Vertentes / CRISLAINE S. CARBONARO. -- 2024.

89 f.

Orientadora: Renata G. B. Costa

Coorientadora: Denise Sobral

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Farmácia e Bioquímica. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, 2024.

1. Figura 1 - Queijo Minas Artesanal (QMA): Regiões Produtoras.
2. Figura 2 – Região Campo das Vertentes: Municípios. 3. Figura 3 - Fluxograma de fabricação do queijo Minas artesanal. 4. Figura 4 - Representação esquemática da coagulação do leite.. 5. Figura 5 - Desenho Experimental.. I. Costa, Renata G. B., orient. II. Sobral, Denise , coorient. III. Título.

CRISLAINE DA SILVA CARBONARO

Efeito da temperatura de coagulação e prensagem manual nas características do queijo Minas Artesanal da região do Campo das Vertentes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados. Área de concentração: Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados.

Aprovada em 29 de maio de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Renata Golin Bueno Costa - Orientadora
EPAMIG/ILCT

Profa. Dra. Denise Sobral - Coorientadora
EPAMIG/ILCT

Prof. Dr. Junio César Jacinto de Paula
EPAMIG/ILCT

Profa. Dra. Gisela de Magalhães Machado Moreira
EPAMIG/ILCT

Juiz de Fora, 22/05/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Renata Golin Bueno Costa, Usuário Externo**, em 03/06/2024, às 11:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denise Sobral, Usuário Externo**, em 04/06/2024, às 12:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **GISELA DE MAGALHAES MACHADO MOREIRA, Usuário Externo**, em 05/06/2024, às 09:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Junio Cesar J. de Paula, Usuário Externo**, em 07/06/2024, às 16:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1812098** e o código CRC **228A3A09**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero expressar minha profunda gratidão a Deus, pois é Sua força e luz que me sustenta diariamente, dando-me coragem para enfrentar todos os desafios, mesmo quando parecem difíceis de superar.

Expresso minha imensa gratidão aos meus pais, Shirley e Roberto, cujo amor e cuidado foram essenciais para moldar a pessoa que sou hoje, com valores. Graças a eles, encontro coragem para explorar o mundo em busca dos meus sonhos.

Quero expressar minha profunda gratidão ao meu noivo, Fabrício, por estar sempre presente em todos os momentos, segurando minha mão nos momentos difíceis e me incentivando a seguir em frente. Aos meus amados irmãos, sou imensamente grata pela luz que eles trazem aos meus dias mais sombrios. E aos meus queridos sobrinhos, pela alegria que trazem à minha jornada.

Quero manifestar minha gratidão à Dra. Denise Sobral pelo seu apoio precioso durante o desenvolvimento do meu projeto e orientação na pesquisa.

Agradeço imensamente à minha orientadora Dra. Renata Golin Bueno Costa por seu apoio incansável ao longo de toda a minha jornada acadêmica. Desde a concepção inicial do projeto até a realização da pesquisa prática. Além disso, sua paciência em me ajudar com a escrita e na organização dos resultados foi fundamental, sempre respeitando meu tempo.

Gostaria de agradecer ao Prof. Junior C. J. Paula pelo apoio durante o desenvolvimento do projeto e pelas palavras motivadoras e orientações profissionais. Ao Prof. Luiz Carlos G. C. Junior pelas valiosas orientações no início deste trabalho. Expresso meu sincero agradecimento a todos os professores do ILCT: Vanessa Aglaê, Profa. Elisângela Michele, Profa. Gisela M. M. Moreira e Prof. Felipe A. Almeida.

Também quero agradecer ao Prof. Fabiano F. Costa da UFJF. Aos colaboradores e bolsistas do laboratório de físico-química do ILCT, em especial: Amanda Cirilo, Maria Cecília e Mariana Hallak. À minha colega Natalia Silva pelo apoio caloroso nas dificuldades acadêmicas.

Por último, expresso minha gratidão à FAPEMIG pelo financiamento do projeto APQ 04461-17 e EPAMIG ILCT.

RESUMO

O queijo Minas Artesanal é produzido segundo métodos tradicionais e protegido por legislação específica desde 2019. As variações sazonais de temperatura exercem uma influência significativa na produção do queijo, especialmente no que diz respeito à consistência da coalhada. Durante os meses mais quentes, o leite tende a coagular de maneira mais rápida, resultando em coalhadas mais firmes. Por outro lado, nos períodos mais frios do ano, o leite pode esfriar e a coagulação pode ser mais lenta, levando à formação de coalhada mais frágil. Essas flutuações nas condições ambientais desafiam os queijeiros artesanais a ajustar suas técnicas de fabricação para garantir a consistência desejada do produto final. O objetivo deste estudo é avaliar o impacto de duas temperaturas de coagulação do leite, 28 °C e 36 °C, na fabricação do Queijo Minas Artesanal da região do Campo das Vertentes. Os queijos foram fabricados durante 3 dias distintos (3 repetições) com leite a 36 °C (correspondente ao que saiu do úbere da vaca) e 28 °C (correspondente a temperatura em que o leite chega na queijaria em dias frios) (2 tratamentos). Os queijos foram coletados frescos para análise de rendimento e os maturados (7, 14, 22 e 30 dias de maturação) para análises físico-química, microbiológicas, de textura e de cor instrumental. Não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) nos teores de umidade, gordura, proteína, teor de sal e atividade de água entre os tratamentos. Entretanto, em relação ao tempo, a maturação influenciou nesses parâmetros pelo fato de o queijo ser maturado sem embalagem, o que causa perda de umidade durante a maturação o que resulta em uma maior concentração de sólidos. Os resultados das análises de pH não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) nos tratamento, no tempo e na interação tratamento x tempo. A proteólise, fundamental para o sabor e textura, não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos, porém ao longo do processo de maturação ($P < 0,05$) houve aumento da hidrólise das proteínas. A variação de temperatura não afetou significativamente ($P > 0,05$) o rendimento dos queijos, apesar da coalhada fabricada a 28 °C se apresentar visualmente mais mole, possivelmente pela queijeira ter ajustado a umidade no momento da prensagem manual. As análises do perfil de textura não apresentaram ($P > 0,05$) diferença na dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade entre os tratamentos. Contudo em relação ao tempo, durante o processo de maturação houve diferença significativa ($P < 0,05$), referente ao aumento de proteólise e perda de umidade. Além disso, não houve diferença estatística ($P > 0,05$)

na cor instrumental dos queijos entre os tratamentos, observou-se mudanças em relação ao tempo, durante a maturação. Os resultados das análises microbiológicas demonstraram conformidade com os padrões de segurança alimentar exigidos pela legislação.

Palavras-chave: leite cru. tecnologia. queijo artesanal. maturação

ABSTRACT

Minas Artisanal cheese is produced using traditional methods and has been protected by specific legislation since 2019. Seasonal temperature variations significantly influence cheese production, especially curd consistency. During the warmer months, the milk tends to coagulate more quickly, resulting in firmer curds. On the other hand, in the colder periods of the year, the milk can cool down, and coagulation can be slower, forming more fragile curds. These fluctuations in environmental conditions challenge artisan cheesemakers to adjust their manufacturing techniques to ensure the desired consistency of the final product. This study evaluated the impact of two milk coagulation temperatures, 28 °C and 36 °C, on producing artisanal Minas cheese from the Campo das Vertentes region. The cheeses were made over 3 different days (3 repetitions) with milk at 36 °C (corresponding to the temperature at which it leaves the cow udder) and 28 °C (corresponding to the temperature at which the milk arrives at the cheese factory on cold days) (2 treatments). The cheeses were collected fresh for yield analysis and ripened (7, 14, 22 and 30 days of maturation) for physico-chemical, microbiological, texture profile and instrumental colour analysis. No significant differences ($P>0.05$) were found in the moisture, fat, protein, salt and water activity contents between the treatments. However, concerning time, ripening influenced these parameters because the cheese was ripened without packaging, which causes a loss of moisture, resulting in a higher concentration of solids. The results of the pH analyses showed no significant differences ($P>0.05$) between treatments, time and the treatment x time interaction. Besides proteolysis, which is fundamental to flavour and texture, showed no significant differences ($P>0.05$) between treatments. However, there was an increase in protein hydrolysis throughout the ripening process ($P<0.05$). The temperature variation did not significantly ($P>0.05$) affect the yield of the cheeses, although the curds made at 28 °C were visually softer, possibly because the cheesemaker had adjusted the moisture at the time of manual pressing. The texture profile analyses showed no difference ($P>0.05$) in hardness, cohesiveness, elasticity and chewiness between the treatments. However, in relation to time, during the ripening process, there was a significant difference ($P<0.05$) in terms of increased proteolysis and loss of moisture. In addition, there was no statistical difference ($P>0.05$) in the instrumental colour of the cheeses between the treatments, but there were changes concerning time during ripening. The results of the

microbiological analyses showed compliance with the food safety standards required by legislation.

Keywords: raw milk. technology. artisan cheese. ripening

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Queijo Minas Artesanal (QMA): Regiões Produtoras	24
Figura 2 – Região Campo das Vertentes: Municípios	25
Figura 3 - Fluxograma de fabricação do queijo Minas artesanal	27
Figura 4 - Representação esquemática da coagulação do leite	31
Figura 5 - Desenho Experimental	37
Figura 6 – Fluxograma de fabricação do experimento no queijo Minas Artesanal.	40
Figura 7 - Teor médio de umidade (% m/m) dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média ± DP).	51
Figura 8 - Teor médio de gordura (% m/m) dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média ± DP).	53
Figura 9 - Teor médio de proteína (% m/m) dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média ± DP).	55
Figura 10 - Teor médio de cloretos (% m/m) dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média ± DP).	56
Figura 11 - Atividade de água dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média ± DP).	60
Figura 12 - Índice de extensão da proteólise (%) dos queijos Minas Artesanal (média ± DP).	62
Figura 13 - Índice de profundidade da proteólise (%) dos queijos Minas Artesanal (média ± DP).	64
Figura 14 - Quantidade de finos no tanque no leite coagulado a 28 °C e a 36 °C.	68
Figura 15 - Dureza (N) dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média ± DP).	69
Figura 16 - Coesividade dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média ± DP).	71
Figura 17 - Comportamento da cor dos queijos Minas Artesanal, ao longo da maturação, para o parâmetro de cor L* (média ± DP).	74
Figura 18 – Coordenada cromática a* dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média ± DP).	76
Figura 19 – Coordenada cromática b* dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média ± DP).	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análises físico-químicas do leite cru refrigerado utilizado na fabricação dos queijos Minas Artesanal (média ± DP).	46
Tabela 2 - Composição físico-química média do soro das fabricações do queijo Minas Artesanal nos tratamentos a 28 °C e 36 °C (média ± DP).....	48
Tabela 3 - Avaliação do rendimento dos queijos produzidos com leite de temperaturas diferentes (média± DP).....	65
Tabela 4 - Análise microbiológica dos queijos Minas Artesanal com 22 dias de maturação.	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

QMA	Queijo Minas Artesanal
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
IMA	Instituto Mineiro de Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Aw	Atividade de Água
BOD	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DP	Desvio Padrão
ESD	Extrato Seco Desengordurado
EST	Extrato Seco Total
GES	Gordura no Extrato Seco
IEP	Índice de Extensão de Proteólise
IPP	Índice de Profundidade da Proteólise
N	Nitrogênio
NaCl	Cloreto de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio
NPN	Nitrogênio dos Compostos não Proteicos
NS	Nitrogênio solúvel
NT	Nitrogênio total
RAJ	Rendimento Ajustado
TPA	Análise do Perfil de Textura
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
TCA	Ácido tricloroacético
RMF	Resíduo mineral fixo
GMP	Glicomacropéptido
NSLAB	Bactérias lácticas não iniciadoras
BAL	Bactérias lácticas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Análise de Variância
A.O.A.C.	Official Methods of Analysis

ILCT	Instituto de Laticínios Cândido Tostes
IN	Instrução normativa
Kg	Kilograma
L	Litros
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
°C	Graus Celsius
µg	Micrograma
cm	Centímetro
g	Gramma
kg	Quilograma
L	Litro
m/m	Massa/massa
m/v	Massa/volume
ml	Mililitros
mm	Milímetro
nm	Nanômetro
pH	Potencial hidrogeniônico

SUMÁRIO

EPAMIG/ILCT	16
EPAMIG/ILCT	16
1 INTRODUÇÃO	18
2 OBJETIVO	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 REVISÃO DA LITERATURA	21
3.1 HISTÓRIA E IMPORTÂNCIA DO QUEIJO MINAS ARTESANAL EM MINAS GERAIS	21
3.2 QUEIJO MINAS ARTESANAL OU QUEIJO ARTESANAL	22
3.2.1 Queijo Minas Artesanal do Campo das Vertentes	25
3.2.2 Tecnologia de fabricação do Queijo Minas Artesanal	26
3.3 COAGULAÇÃO ENZIMÁTICA DO LEITE	29
3.4 RENDIMENTO	33
3.5 EFEITOS DA TEMPERATURA NA FABRICAÇÃO DOS QUEIJOS	34
4 MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 SELEÇÃO DA QUEIJARIA PRODUTORA DO QUEIJO MINAS ARTESANAL	37
4.2 PLANO DE AMOSTRAGEM	37
4.3 TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DO QUEIJO MINAS ARTESANAL	38
4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO LEITE CRU	40
4.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SORO	41
4.6 AMOSTRAGENS DOS QUEIJOS DURANTE A ESTOCAGEM	41
4.6.1 Análises físico-químicas dos Queijos Minas Artesanais	41
4.6.2 Análise do perfil de textura dos queijos Minas Artesanais	43
4.6.3 Avaliação da cor instrumental dos queijos Minas Artesanais	43
4.7 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS QUEIJOS MINAS ARTESANAL	43
4.8 RENDIMENTO	44
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO LEITE CRU	46
5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SORO	48

5.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS QUEIJOS MINAS ARTESANAL	49
5.3.1. Teor de umidade dos queijos ao longo da maturação.....	49
5.3.2. Teor de gordura dos queijos ao longo da maturação	52
5.3.3. Teor de proteína dos queijos ao longo da maturação	54
5.3.4. Teor de cloretos dos queijos ao longo da maturação.....	56
5.3.5 pH	57
5.3.6 Atividade de água (Aw)	59
5.3.7 Proteólise	61
5.3.7.1 Índice de extensão de proteólise.....	61
5.3.7.2 Índice de profundidade de proteólise.....	63
5.4 RENDIMENTO	65
5.5 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA DOS QUEIJOS MINAS ARTESANAL.....	69
5.5.1 Dureza	69
5.5.2 Coesividade	70
5.5.3 Elasticidade	71
5.5.4 Mastigabilidade	72
5.6 AVALIAÇÃO DA COR INSTRUMENTAL DOS QUEIJOS MINAS ARTESANAL	73
5.7 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS QUEIJOS MINAS ARTESANAL	78
6 CONCLUSÃO	80
7 REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

O queijo artesanal segundo a portaria nº 2303, de 20 de maio de 2024, é aquele elaborado por métodos tradicionais, com vinculação e valorização territorial, regional ou cultural, conforme protocolo de elaboração específico estabelecido para cada tipo e variedade, e com emprego de boas práticas agropecuárias e de fabricação. O queijo Minas Artesanal tem uma história de produção e consumo desde a chegada dos portugueses nos séculos XVII e XVIII. Uma das atividades que mais tem contribuído para o desenvolvimento da agricultura familiar em Minas Gerais é a pecuária leiteira, que se destaca no cenário nacional por ter a maior produção de todo o Brasil.

Em Minas Gerais, segundo o levantamento da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (Emater MG), extraído do Sistema Safra Agroindústria, em 2022 eram 3.103 agroindústrias em Minas Gerais com a produção estimada de 21,8 mil toneladas por ano, o que representa 65,2% das agroindústrias familiares que produzem queijos artesanais. Seu modo de fazer constitui a cultura do povo mineiro e por isso, em 2008, foi tombado como patrimônio cultural e protegido pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) como patrimônio imaterial de Minas Gerais.

O Queijo Minas Artesanal (QMA) obrigatoriamente é elaborado a partir do leite cru, hígido, integral, de produção própria, com utilização de soro fermento (pingo). O QMA apresenta consistência firme, cor e sabor próprios, massa uniforme, isenta de corantes e conservantes, com ou sem olhaduras mecânicas. Além disso, o processamento deve ser iniciado em até noventa minutos após o começo da ordenha. Devem ser utilizados como ingredientes as culturas lácticas naturais, como o pingo, o soro fermentado ou soro fermento, o coalho e o sal, e maturado conforme o período estipulado para as microrregiões que possuam pesquisas científicas ou, na sua ausência, pelo maior período determinado por meio dos estudos científicos.

Atualmente, existem 10 regiões reconhecidas no estado de Minas Gerais como produtoras de queijos Minas Artesanal. Uma delas é o Campo das Vertentes, composta pelos seguintes municípios Barroso; Conceição da Barra de Minas; Coronel Xavier Chaves; Carrancas; Lagoa Dourada; Madre de Deus de Minas; Nazareno; Prados; Piedade do Rio Grande; Resende Costa; Ritópolis; Santa Cruz de Minas; São João Del Rei; Santiago; e Tiradentes.

A região do Campo das Vertentes tem grandes variações climáticas que alteram a temperatura do leite utilizado na fabricação do queijo, cujo regime térmico é caracterizado por uma temperatura média anual entre 17,4 °C e 20,5 °C. Janeiro e fevereiro são os meses mais quentes do ano, com temperaturas médias variando de 19,9 °C a 22,9 °C e julho o mês mais frio, com temperaturas médias variando de 14,4 °C e 16,8 °C. Portanto, cabe ao artesão queijeiro ou ao encarregado responsável pela produção do queijo adequar a técnica de fabricação aos diferentes tipos de leite recebidos ao longo do ano e às diferentes temperaturas e condições ambientais da fabricação e maturação para obter queijos com a mesma qualidade.

Embora a matéria-prima seja proveniente da própria propriedade rural, em dias mais frios, o tempo de transporte do leite da sala de ordenha para a queijaria é suficiente para reduzir a temperatura. Dessa forma, o leite apresenta dificuldade em formar o gel, devido ao abaixamento da temperatura ótima que favorece a atuação do coagulante. Com isso, origina-se uma coalhada menos firme com grande retenção de umidade, podendo causar alterações no rendimento e modificações na maturação e qualidade do produto. No entanto, segundo a legislação, a fabricação do Queijo Minas Artesanal não permite o aquecimento do leite, que poderia minimizar alguns problemas no queijo. Frente a isso, a realização do aquecimento do leite para aproximadamente 36 °C, ou seja, reestabelecer a temperatura natural em que o leite sai do úbere da vaca, poderiam reduzir os problemas de baixo rendimento e despadronização do produto. Sendo assim, o objetivo deste projeto foi avaliar duas temperaturas de coagulação do leite, a 28 °C e a 36 °C e sua influência no rendimento da fabricação, bem como nas características de textura e cor instrumental, físico-químicas e microbiológicas do queijo Minas Artesanal da região do Campo das Vertentes ao longo do tempo de maturação.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar duas temperaturas de coagulação do leite, a 28 °C e a 36 °C e sua influência no rendimento da fabricação, bem como nas características de textura e cor instrumental, físico-químicas e microbiológicas do queijo Minas Artesanal da região do Campo das Vertentes ao longo do tempo de maturação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o rendimento de fabricação dos queijos nas diferentes temperaturas;
- Avaliar o efeito das diferentes temperaturas de coagulação (28 °C e 36 °C) na composição físico-química dos queijos produzidos ao longo do tempo de maturação aos 7, 14, 22 e 30 dias;
- Avaliar o efeito das diferentes temperaturas de coagulação (28 °C e 36 °C) na evolução do perfil de textura e cor instrumental e na proteólise ao longo do tempo de maturação;
- Avaliar a qualidade microbiológica dos queijos produzidos nas diferentes temperaturas, com 22 dias de maturação.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 HISTÓRIA E IMPORTÂNCIA DO QUEIJO MINAS ARTESANAL EM MINAS GERAIS

A história da produção e consumo do queijo artesanal em Minas Gerais está associada à chegada dos portugueses e à ocupação do território em consequência da descoberta do ouro e dos diamantes, no decorrer dos séculos XVII e XVIII (IPHAN, 2014). Contudo, as características de cada uma dessas regiões deram origem a queijos com sabores, consistências e aparências específicas, a partir de um modo de fazer e de uma tradição secular (IPHAN, 2006).

O QMA não perdeu a força de sua tradição artesanal e não deixou de ser importante, cultural e economicamente, em seu modo de fazer original, seu processo de fabricação sobreviveu às modernizações da indústria e continua sendo realizado de forma tradicional. Assim, o seu modo de fazer, constitui a cultura do povo mineiro e por isso, em 2008, foi tombado como patrimônio cultural e é protegido pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) como patrimônio imaterial de Minas Gerais (IPHAN, 2006; Costa *et al.*, 2022).

O queijo artesanal segundo a portaria nº 2303, de 20 de maio de 2024, é aquele elaborado por métodos tradicionais, com vinculação e valorização territorial, regional ou cultural, conforme protocolo de elaboração específico estabelecido para cada tipo e variedade, e com emprego de boas práticas agropecuárias e de fabricação. O produtor de queijos artesanais ou queijeiro artesanal é aquele que preserva a cultura regional na elaboração de queijos, emprega técnicas tradicionais e observa protocolo de elaboração específico para cada tipo e variedade, sendo permitida a comercialização do queijo artesanal em todo o território nacional, desde que cumpridas as exigências desta Lei (Minas Gerais, 2024).

Uma das atividades que mais tem contribuído para o desenvolvimento da agricultura familiar em Minas Gerais é a pecuária leiteira, que se destaca no cenário nacional por ter a maior produção de todo o Brasil. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2018, o Estado produziu 8,9 bilhões de litros de leite, representando 26,4% do total de 33,8 bilhões de litros produzidos no Brasil (Emater MG, 2021).

A fabricação de queijos em Minas Gerais também é responsável por manter o Brasil no posto do 8º maior produtor de queijo do mundo. Pouco mais da metade do consumo em solo nacional vem de Minas Gerais, contribuindo com o crescimento da economia no Estado e com a permanência do agricultor no campo, fator de caráter sociocultural de grande relevância (Emater MG, 2021).

Segundo o levantamento emitido pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (Emater MG), extraído do Sistema Safra Agroindústria em 2022, o destaque é o Queijo Minas Artesanal (QMA). São 3.103 agroindústrias em Minas Gerais com a produção estimada de 21,8 mil toneladas por ano, o que representa 65,2% das agroindústrias familiares produzem queijos artesanais (Emater MG, 2022).

3.2 QUEIJO MINAS ARTESANAL OU QUEIJO ARTESANAL

Existe no Brasil uma expressiva produção de queijos artesanais fabricados a partir de leite cru, cujos processos produtivos tradicionalmente têm sido passados de geração em geração (Costa Junior *et al.*, 2014).

De acordo com Decreto nº 11.099, de 21 de junho de 2022, para ser considerado produto artesanal, é necessário ser elaborado a partir de matérias-primas de origem animal de produção própria ou de origem determinada, resultantes de técnicas predominantemente manuais adotadas por indivíduos que detenham o domínio integral do processo produtivo, cujo produto final de fabrico seja individualizado e genuíno e mantenha a singularidade e as características próprias, culturais, regionais ou tradicionais do produto (Brasil, 2022).

Os queijos artesanais são aqueles elaborados por métodos tradicionais, com vinculação e valorização territorial, regional ou cultural, conforme protocolo de elaboração específico estabelecido para cada tipo e variedade, e com emprego de boas práticas agropecuárias na produção artesanal e de fabricação, garantindo alimentos seguros. Utilizam matérias-primas de origem animal com a origem determinada e com dados de identificação, na hipótese das matérias-primas não serem produzidas na propriedade onde estiver localizada a unidade de processamento (Brasil, 2022).

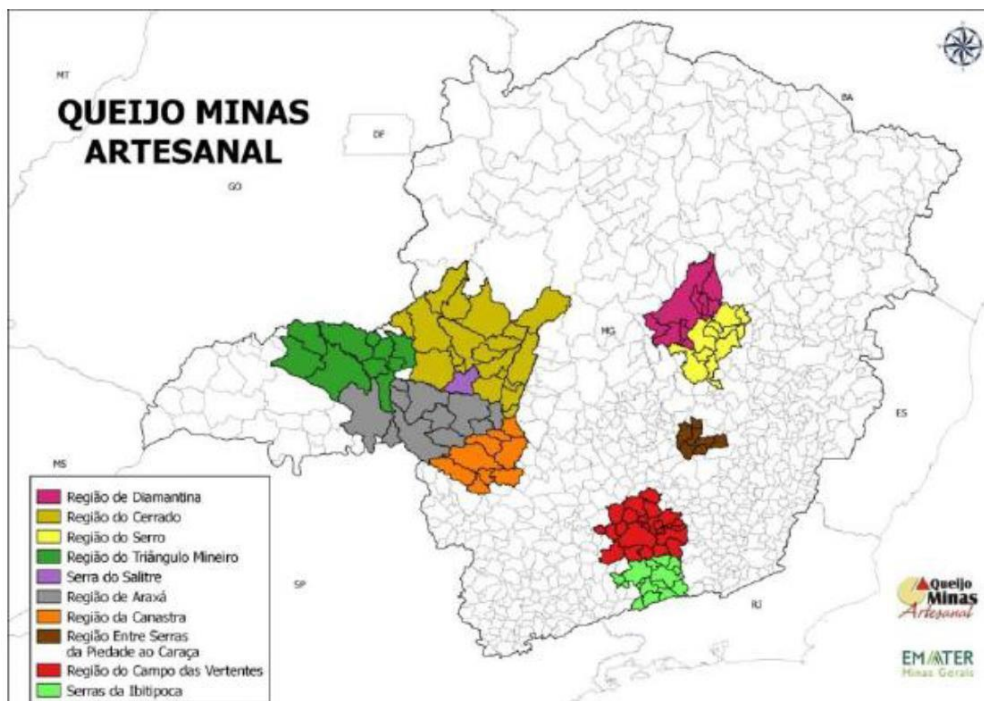
As queijarias que atenderem essas demandas exigidas pelo Decreto nº 11.099, de 21 de junho de 2022, receberão a concessão do selo “Arte”, ato de competência dos órgãos de agricultura e pecuária federal, estaduais, municipais e distrital que reconhece e caracteriza queijos artesanais elaborados por métodos tradicionais, com vinculação

e valorização territorial, regional ou cultural, conforme protocolo de elaboração específico estabelecido para cada tipo e variedade. Sendo possível ser comercializados em todo o território nacional, proporcionando maior dinâmica e praticidade à comercialização dos queijos artesanais em nível nacional (Brasil, 2022; Araújo *et al.*, 2020).

Além disso, o produto alimentício artesanal precisa atender a outros requisitos, como as técnicas e os utensílios adotados que influenciam ou determinam a qualidade e a natureza do produto devem ser predominantemente manuais; o processamento deve ser feito por indivíduos que detenham o domínio integral do processo produtivo, prioritariamente a partir de protocolos específicos de elaboração ou de receita e processos próprios. Do mesmo modo, o uso de ingredientes industrializados é restrito ao mínimo necessário, sendo vedada a utilização de corantes e de aromatizantes quando considerados cosméticos. O produto de fabrico é individualizado e genuíno e mantém a singularidade e as características próprias, culturais, regionais ou tradicionais do produto, permitidas a variabilidade sensorial entre os lotes e as inovações, respeitados os critérios do Decreto (Brasil, 2022).

No Brasil, os queijos artesanais são caracterizados por regiões produtoras e embora o Estado de Minas Gerais como um todo tenha vocação para a produção, atualmente existem dez regiões reconhecidas e oficializadas como produtoras o queijo Minas artesanal (QMA): Araxá, Campos das Vertentes, Cerrado, Serra da Canastra, Serra do Salitre, Serro, Triângulo Mineiro, Serras da Ibitipoca, Diamantina e Entre Serras de Piedade ao Caraça (Figura 1) (Emater MG, 2022; Costa Junior *et al.*, 2014; Costa *et al.*, 2022).

Figura 1 - Queijo Minas Artesanal (QMA): Regiões Produtoras



Fonte: Emater MG (2022).

Essas regiões, primeiramente, foram caracterizadas pela Emater MG e reconhecidas pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), por meio de portaria, como produtora de queijo Minas artesanal. Além do reconhecimento da região produtora de queijo artesanal, o IMA também reconhece o estudo científico de caracterização do queijo. Todos esses documentos irão compor um processo para que os queijos estejam aptos a serem habilitados sanitariamente e serem comercializados legalmente, com possibilidade de receber o Selo Arte (Costa *et al.*, 2022).

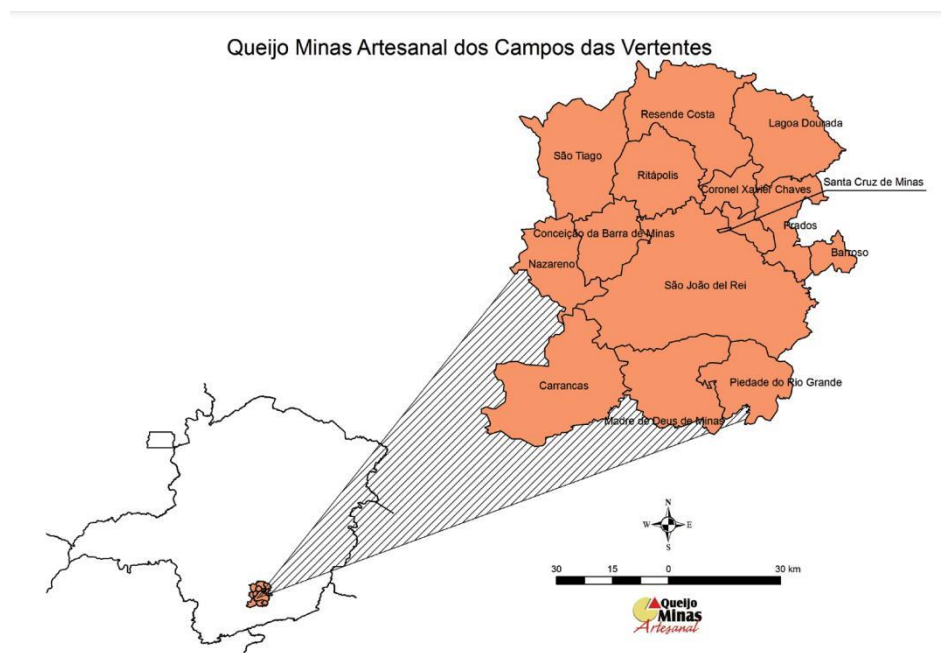
Além dos Queijos Minas Artesanais que apresentam uma tecnologia de fabricação comum em todas as regiões onde são produzidos, existem também outras variedades de queijos artesanais de Minas (QAM), que apresentam características distintas de fabricação. Todos os queijos são denominados QAM, o que inclui o QMA. Temos como definidos como Queijo Artesanal de Minas, o queijo artesanal Mantiqueira de Minas, queijo artesanal de Alagoa, o queijo artesanal Cabacinha, o queijo artesanal da Serra Geral, o queijo artesanal do Vale do Suaçuí, requeijão artesanal ou requeijão Moreno e o Queijo Minas Artesanal. O queijo Minas Artesanal segundo a Portaria IMA 2303, de 20 de maio de 2024, pode ser produzido somente com a utilização de soro fermento (pingo) e os QAM são autorizados a utilização de outros meios de fermentação (Costa *et al.*, 2022).

3.2.1 Queijo Minas Artesanal do Campo das Vertentes

O Campo das Vertentes é uma das doze mesorregiões do estado de Minas Gerais e há indícios de que possa ter sido o primeiro local no país onde houve a produção de queijo. Além de uma expressiva aptidão leiteira, a região de Campo das Vertentes é também um importante polo turístico, o que contribui para a manutenção local da tradição de elaboração do queijo Minas artesanal (Castro, 2015).

Em 2009, o Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) identificou a microrregião do Campo das Vertentes como região produtora de queijo Minas artesanal composta pelos seguintes municípios: Barroso; Conceição da Barra de Minas; Coronel Xavier Chaves; Carrancas; Lagoa Dourada; Madre de Deus de Minas; Nazareno; Prados; Piedade do Rio Grande; Resende Costa; Ritópolis; Santa Cruz de Minas; São João Del Rei; Santiago; Tiradentes (Figura 2).

Figura 2 – Região Campo das Vertentes: Municípios



Os queijos Minas artesanais do Campo das Vertentes possuem cor amarelo-palha, crosta média, textura aberta, com olhaduras mecânicas, odor pronunciado de queijo e friável ao corte. Apresentam um teor de umidade 49,4-56% (m/m) quando fresco; 39,42% com 10 dias de maturação com uma redução acentuada, chegando em

torno de 30% de umidade após 30 dias de maturação. Quanto ao pH, os queijos situam-se em torno de 5,4-5,5 em queijos frescos, embora dados da literatura reportam valores mais baixos em torno de 5,0-5,1 em queijos com 10 dias de fabricação (Costa *et al.*, 2022).

A Mesorregião Campo das Vertentes está localizada a sudeste do Estado de Minas Gerais, entre os paralelos de 20°07' e 21°24' de latitude Sul e os meridianos de 43°30' e 45°50' de longitude a Oeste de Greenwich. A região é drenada por rios que formam as bacias hidrográficas do Paraíba do Sul, São Francisco e Paraná (DA MOTTA *et al.*, 2006).

Nesta região ou zona geográfica, predomina um clima de verão chuvoso e inverno seco. O período chuvoso, de outubro a março (seis meses), com precipitação média anual entre 1.200 e 1.600 mm, coincide com o período mais quente do ano. Sendo os meses com maior intensidade de chuvas: dezembro, janeiro e fevereiro (precipitação média de 750 mm) (Moreno, 2013).

Enquanto o período seco, de menor precipitação, abrange os meses de abril a setembro (seis meses), com uma precipitação média de 123 mm, sendo os meses com menor intensidade de chuvas: junho, julho e agosto (precipitação média de 43 mm). O regime térmico é caracterizado por uma temperatura média anual entre 17,4 °C e 20,5 °C. Janeiro e fevereiro são os meses mais quentes do ano, com temperaturas médias variando de 19,9 °C a 22,9 °C e julho, o mês mais frio, com temperaturas médias variando de 14,4 °C e 16,8 °C (Moreno, 2013).

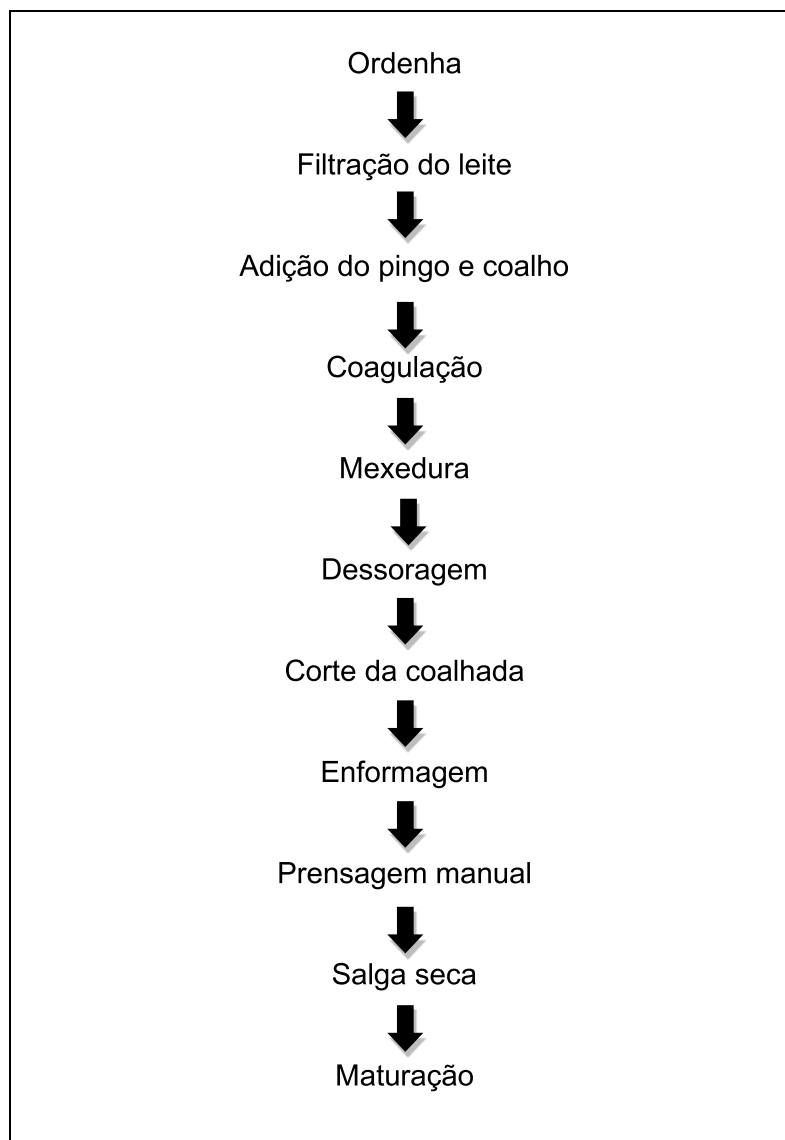
Essas variações de temperatura, cabe ao artesão queijeiro ou ao encarregado responsável pela produção do queijo adequar a técnica de fabricação aos diferentes tipos de leite recebidos ao longo do ano e às diferentes temperaturas e condições ambientais da fabricação e de maturação para obter queijos em perfeito estado. Muitos produtores já fazem adaptações de tecnologias empiricamente, com o respaldo de suas experiências na prática do dia a dia (Sobral *et al.*, 2019).

3.2.2 Tecnologia de fabricação do Queijo Minas Artesanal

O QMA produzido em solo mineiro é elaborado conforme a cultura regional preservando as técnicas tradicionais (Brasil, 2019). A forma artesanal de produção consiste em, basicamente, transformação da matéria-prima, leite, em queijo, com

eliminação de soro (Oliveira, 2014). O processo de fabricação deste queijo até o início da maturação tem duração, em média, de três dias (Figura 3) (Monteiro *et al.*, 2018).

Figura 3 - Fluxograma de fabricação do queijo Minas artesanal



Fonte: Adaptado de Minas Gerais (2020).

Em sua fabricação, o leite cru recém-ordenhado, em temperatura pós-ejeção (aproximadamente 37 °C), é adicionado de coagulante enzimático e cultura láctica natural não padronizada, denominada por pingo (Figueiredo *et al.*, 2015). O leite tem que ser proveniente de rebanho livre de tuberculose e brucelose, e seu processamento tem que iniciar até noventa minutos após o começo da ordenha. Além disso, o leite não pode ter sofrido tratamento térmico. As técnicas adotadas para a fabricação do queijo têm que ser predominantemente manuais, os ingredientes permitidos são: culturas

láticas naturais como pingo; soro fermentado ou soro-fermento; coalho e sal (BRASIL, 2022) (Minas Gerais, 2024).

De forma geral, no primeiro dia de fabricação se realiza a coagulação do leite cru, a adição do pingo, o corte da massa, a enformagem em formas, a dessoragem, a prensagem manual e o início da salga por adição de sal grosso na superfície, sendo que no mesmo dia durante a noite é coletado o pingo. No segundo dia é realizada a viragem dos queijos nas formas, com continuação da salga. No terceiro dia os queijos são desenformados, sua superfície é ralada, lixada, lavada para a remoção de imperfeições e inicia-se a maturação, em sala própria e em condições ambientes, sendo posteriormente comercializados (Figueiredo *et al.* 2015).

Detalhadamente, o processo de produção se inicia com a filtração do leite em funil com suporte plástico ou metálico em inox. Normalmente o elemento filtrante é um tecido plástico de malha fina para a retirada das partículas macroscópicas. Esse funil com filtro é ligado a um tubo passando diretamente para o tanque de armazenamento na área de processamento. Em seguida, o pingo e o coalho são adicionados no tanque de leite (Monteiro *et al.*, 2018).

O pingo contém uma concentração elevada de cloreto de sódio e de bactérias láticas endógenas que são as responsáveis pelos atributos de cor, sabor, aroma e textura típicas do produto. Ele é o soro que se separa da massa enformada no dia anterior, e escorre pela bancada onde é coletado por um recipiente e armazenado para uso. O coalho é um coagulante enzimático comercial (em geral uma mistura de proteases) que é adicionado em quantidade suficiente para coagular o leite, segundo a recomendação do fabricante (Monteiro *et al.*, 2018).

Após essas adições aguarda-se o ponto de corte da massa, que é determinado em geral fazendo um corte na coalhada e observando como a massa se parte (o ponto ideal é quando a massa se parta sem quebrar, na forma de uma fenda), em média de 40 a 50 minutos após da adição do coalho. O corte da massa é realizado no tanque de fabricação com o auxílio de liras, pás ou régua, e favorece a dessoragem. Após essa etapa, a coalhada fica em repouso e decantação durante alguns minutos. Em seguida, inicia-se a mexedura da massa, normalmente pela agitação com uma pá com movimentos lentos por poucos minutos e posteriormente é deixada em repouso, decantando-o para a dessoragem, que é a retirada do soro (Monteiro *et al.*, 2018).

A massa de queijo parcialmente drenada é coletada e distribuída em formas. A enformagem é feita sobre um tecido sintético apropriado que é colocado na forma antes

de se colocar a massa. A massa na forma é prensada com o auxílio das mãos para retirar o excesso de soro e compactá-la. Subsequentemente, os queijos recebem uma salga superficial a seco com sal grosso ou triturado (na proporção de 40 a 120 g/kg de massa) e permanecem nas formas na bancada. Depois de um período, vira-se o queijo e repete-se o processo de salga. No segundo dia de processamento, o queijo, ainda na forma, é transferido para outra bancada, onde é retirado o excesso de sal e desenformado. O queijo está pronto para a maturação que deve ser realizada à temperatura ambiente na propriedade. Esse é encaminhado para as prateleiras de madeira para maturação, onde ocorre a terceira viragem. A superfície do queijo é ralada com ralador de aço inoxidável para a remoção de imperfeições das bordas e o queijo é lavado para ir para a etapa final de maturação (Monteiro *et al.*, 2018).

A maturação é determinada conforme o período estipulado para cada microrregião que possuem pesquisas científicas ou, na sua ausência, pelo maior período determinado por meio dos estudos científicos. As pesquisas precisam comprovar que a redução do período de maturação não compromete a qualidade e a inocuidade do produto (Brasil, 2013). Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Minas Artesanal a portaria IMA nº 2303, de 20 de maio de 2024, o período de maturação do queijo Minas Artesanal do Campo das Vertentes é de 22 dias.

3.3 COAGULAÇÃO ENZIMÁTICA DO LEITE

A primeira e mais importante etapa na fabricação de queijos é a conversão do leite líquido em um gel semissólido pela agregação da caseína, a principal proteína do leite, também chamada de coagulação do leite. A coagulação do leite pode ser conseguida usando enzimas proteolíticas de várias fontes, como animais (bezerro, cordeiro, cabrito, porco, galinha), plantas (*Cynara cardunculus*, *Ficus carica*, *Arctium minus* e *Solanum dobium*) e fungos (*Rhizomucor miehei*, *Rhizomucor pusillus* e *Cryphonectria parasita*) (Rolet-Répécaud *et al.*, 2013).

Na fabricação do queijo é essencial um processo de desidratação no qual a gordura e a caseína do leite são concentradas de 6 a 10 vezes, dependendo da variedade. A concentração é tradicionalmente obtida pela coagulação da caseína enzimaticamente, isoeletricamente ou por uma combinação de calor e ácido; se presente, a gordura é ocluída no coágulo (Fox, 1989). Os componentes sólidos,

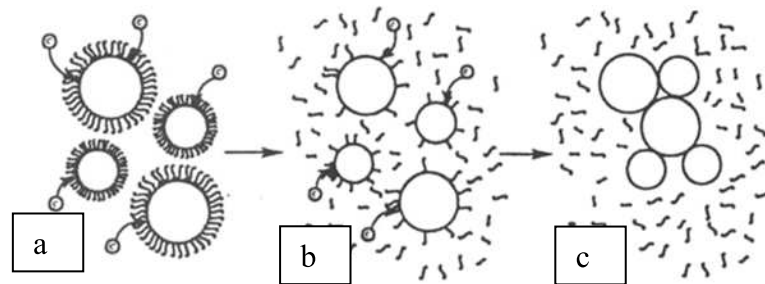
principalmente proteína e gordura, são concentrados na coalhada enquanto as proteínas do soro, lactose e sólidos solúveis, são removidas no soro (Paula *et al.*, 2009). Durante o processo de coagulação, há a transferência de componentes do leite para a massa e para o soro, conhecido como cifra de transição, fator responsável pela composição físico-química do soro e do queijo (Perrone, 2011).

O processo de coagulação enzimática da proteína do leite ocorre em duas fases. A primeira fase designa-se por enzimática e o coagulante promove uma hidrólise na ligação peptídica existente entre os aminoácidos da posição 105 e 106, constituída pelos aminoácidos fenilalanina e metionina da κ -caseína (Phe105-Met106). A enzima que apresenta maior especificidade para quebra desta ligação, a quimosina, é de origem animal. Esta ação divide a κ -caseína em dois resíduos: o resíduo, glicomacropeptídeo (GMP), solúvel, hidrofílico, constituído pelos aminoácidos 106-169, o qual fica no soro e o resíduo para- κ -caseína, insolúvel, hidrofóbico, constituído pelos aminoácidos 1-105, o qual permanece ligado às α_{s1} - e β -caseínas e, por ser altamente hidrofóbico e alcalino, conduz à desestabilização das micelas (Fox *et al.*, 2000).

A primeira ação do agente coagulante é a quebra da ligação que fixa o resíduo GMP à κ -caseína (Phe105-Met106), separando-o da estrutura micelar, desestabilizando a micela e obrigando-a ao início de uma nova ordem coloidal: a segunda fase da coagulação. Apesar de haver uma grande semelhança entre as enzimas de origem vegetal e animal (quimosina), o fato é que as enzimas de origem vegetal não têm um grau de especificidade tão grande para a ligação Phe105-Met106 da κ -caseína. No entanto, são mais proteolíticas e têm uma maior especificidade no que se refere à hidrólise das α S- e β -caseínas (Macedo *et al.*, 1993, 1996).

Em seguida, a segunda fase da coagulação, designada de fase secundária ou de agregação micelar, tem início quando cerca de 80 a 90 % da κ -caseína for afetada. Nesta fase ocorre a agregação das micelas de caseína desestabilizadas e a formação de uma rede tridimensional, denominada coágulo ou gel, que vai aprisionando os glóbulos de gordura, a água e os materiais solúveis em água e é altamente dependente do pH, da temperatura, do conteúdo em cálcio e em caseína. (Figura 4) (Fox *et al.*, 2000).

Figura 4 - Representação esquemática da coagulação do leite.



(a) Micelas de caseína com camada intacta de κ-caseína sendo atacadas por quimosina; (b) micelas desprovidas de κ-caseína; (c) micelas extensivamente desnudas no processo de agregação.

Fonte: Fox *et al.*, 2000.

Quando aproximadamente 85% da caseína estiver hidrolisada, as micelas começam a se agregar progressivamente em uma rede de gel. A ligação 105-106 da caseína é muitas vezes mais sensível à ação do coalho do que qualquer outra ligação nas caseínas. Há um rápido aumento da viscosidade na gelificação, seguindo-se uma ligeira diminuição inicial da viscosidade após a adição de coalho/ coagulante, que hidroliza os macropeptídeos da micela, reduzindo assim o seu volume efetivo devido a uma grande redução na hidratação das micelas e uma pequena redução no seu tamanho. A taxa de agregação das micelas de caseína torna-se mais lenta, após a adição do coalho/ coagulante com a redução da temperatura da coagulação entre 10 °C e 15 °C. A coagulação é muito sensível à temperatura; não ocorrerá quando a temperatura estiver menor que 18 °C, enquanto em temperaturas mais altas, o coalho/coagulante é termicamente desnaturado (55 °C a 60 °C, dependendo do tipo de coalho e do pH), evitando assim que ocorra a etapa da coagulação do coalho (McSweeney, 2007).

A união das micelas de paracaseína, que são estruturas importantes no leite, não acontece só por causa da atração de van der Waals. Para que isso ocorra, os íons de cálcio (Ca^{+2}) têm um papel essencial. Esses íons ajudam de duas formas: primeiro, eles diminuem a repulsão entre as micelas ao atrair suas cargas negativas. No pH específico em que isso acontece, o cálcio é mais eficaz do que o hidrogênio. Segundo, os íons de cálcio criam ligações entre pontos negativos nas micelas, como se fossem pontes. Além disso, quando o pH do leite baixa, a atividade do cálcio aumenta muito. A temperatura também faz diferença, a 20°C as micelas não se unem, mas a 60°C, a

união é bem rápida. Em temperaturas mais baixas, a união não acontece por causa das partes salientes da β -caseína, que são muito sensíveis à temperatura (Fox, 2003).

De igual modo que, a hidrólise da κ -caseína é influenciada por muitos fatores, principalmente a temperatura. A temperatura ótima para a coagulação do leite pelo coalho de bezerro em pH 6,6 é de 45 °C – 48 °C, presumivelmente, o ótimo para a hidrólise da κ -caseína é aproximadamente este valor. A coagulação das micelas é muito dependente da temperatura, o leite bovino não coagula abaixo de 18 °C. A coagulação, a firmeza do gel (coalhada), força do gel ou tensão do gel é importante para determinar o rendimento do queijo. A variação na firmeza no corte pode levar a variações na composição do queijo (especialmente umidade), rendimento e qualidade. Assim, padronizar e otimizar a firmeza no corte é essencial para garantir um alto rendimento de queijo e um queijo de boa qualidade (Fox *et al.*, 2000).

Na prática, o principal efeito da temperatura ajustada é na fase secundária não enzimática da coagulação, que não ocorre em temperaturas menor que 18 °C. Acima dessa temperatura, o tempo de coagulação diminui na amplitude entre 40 °C – 45 °C e então aumenta novamente à medida que a enzima se torna desnaturada. Na fabricação de queijos, a coagulação do coalho normalmente ocorre a uma temperatura bem abaixo da temperatura ideal, por exemplo, 31 °C para muitas variedades. A temperatura mais baixa é necessária para otimizar o crescimento de bactérias iniciadoras mesófilas, que têm uma temperatura ótima de crescimento de aproximadamente 27 °C – 28 °C e não crescerão, ou talvez nem sobrevivam, maior que 40 °C. Além disso, a estrutura do coágulo é melhorada a temperaturas mais baixas, sendo por isso utilizada também para queijos elaborados com culturas termofílicas (Fox *et al.*, 2000).

O tempo desde a adição do coalho até o início da gelificação é uma consideração prática muito importante na fabricação de queijos. A determinação do tempo de coagulação do coalho envolve a medição do tempo decorrido entre a adição de uma quantidade conhecida de coalho (diluído) a um volume conhecido de leite a uma determinada temperatura (geralmente 30 °C) e o início da gelificação. O pré-aquecimento a baixas temperaturas dá uma ligeira diminuição do tempo de coagulação do coalho (McSweeney, 2007).

3.4 RENDIMENTO

Os rendimentos da produção são um importante determinante da lucratividade e do sucesso econômico em todos os setores da indústria de laticínios, portanto, maximizar o rendimento do queijo é um desafio crítico e constante para a indústria de laticínios. Uma diferença no rendimento de apenas 0,1% ao longo de um ano de produção tem um grande impacto no sucesso econômico de uma fábrica de queijos. O rendimento do queijo é influenciado por muitos fatores, incluindo a composição e qualidade do leite cru, manuseio do leite, armazenamento a frio do leite, pré-tratamentos como padronização e pasteurização, parâmetros de fabricação de queijos, equipamentos e tecnologia. Maximizar o rendimento do queijo requer um amplo conhecimento dos fatores que influenciam a composição do leite e a formação da coalhada. A medição da eficiência da fabricação de queijos é essencial para que as ineficiências sejam identificadas e os procedimentos implementados para eliminá-los. Os índices de eficiência da fabricação de queijos incluem o rendimento do queijo e/ou a recuperação dos constituintes do leite na coalhada ou sua perda no soro, em particular, da caseína e da gordura (McSweeney, 2007).

De uma forma mais precisa, pode-se definir rendimento de queijo como: quilogramas de um determinado tipo de queijo por 100 quilogramas de leite contendo níveis específicos de gordura e proteína, sendo que a composição do queijo varia de acordo com o seu tipo e conseqüentemente o rendimento também irá variar (FOX *et al.*, 2000). Quanto maior a porcentagem de sólidos recuperados do leite para o queijo, maior a quantidade obtida de queijo e, portanto, maior o rendimento em termos econômicos para a indústria (Formaggioni *et al.*, 2008).

A definição de rendimento do queijo, ou como expressar o rendimento, é importante em duas aplicações principais: controle econômico da queijaria; e levantamento dos resultados das experiências da queijaria. A expressão do rendimento real pode ser bastante insignificante porque o rendimento do queijo varia enormemente por várias razões: variedade de queijo e sua composição típica; composição do leite (gordura e caseína/proteína); composição do queijo (umidade, sal); e perdas de gordura na coalhada durante a fabricação do queijo. (Abd El-Gawad *et al.*, 2011). Ao nível da investigação e mesmo nas indústrias são utilizadas as relações de kg de leite usado dividido pelo kg massa produzida ou kg de queijo produzido. No entanto, estudos nos

últimos anos têm avançado para que métodos de cálculo possam ser utilizados (Sales *et al.*, 2016).

Dos vários fatores que influenciam o rendimento sob o controle do queijeiro, a umidade é provavelmente o mais importante. Aumentar ou diminuir a umidade tem um efeito de ampliação no rendimento. A firmeza da coalhada é o único parâmetro de coagulação relacionado com o rendimento do queijo; que pode afetar significativamente esse rendimento, pela alteração na umidade (Abd El-Gawad *et al.*, 2011). Quanto maior o teor de água de um queijo, melhor será o rendimento da fabricação, entretanto, deve-se manter um teor de umidade compatível com as características funcionais e sensoriais desejadas em cada tipo de queijo (Furtado, 1991).

Outra medida que é feita rotineiramente como um índice de eficiência da fabricação de queijos é o nível de finos de coalhada no soro de queijo. Finos de coalhada referem-se a fragmentos muito pequenos de coalhada que se desprendem da superfície das partículas de coalhada (principalmente durante o corte e/ou as fases iniciais de agitação) e que se perdem no soro como sedimentos ou 'pó' de coalhada. Alternativamente, os níveis de gordura e finos de coalhada no soro, que representam os sólidos não recuperados do leite, também podem ser usados como um índice de eficiência da fabricação de queijos e fornecem informações indiretas sobre o rendimento do queijo. Além disso, informações sobre as perdas de componentes em diferentes pontos do processo de fabricação do queijo são úteis para diagnosticar a(s) causa(s) das altas perdas. Portanto, a alta perda de gordura para o soro de queijo após o corte pode ser indicativa de rigidez incorreta do gel (muito baixa ou muito alta) no corte (Fox *et al.*, 2000).

3.5 EFEITOS DA TEMPERATURA NA FABRICAÇÃO DOS QUEIJOS

Na fabricação do queijo o gel é submetido a uma série de tratamentos, cujo objetivo principal é remover o soro do gel e concentrar efetivamente a caseína e a gordura no grau característico da variedade. O corte do gel é uma parte central da fabricação do queijo, sendo o primeiro passo no processo de desidratação pelo qual os constituintes coloidais, ou seja, gordura, caseína e sais micelares do leite são concentrados para formar a coalhada do queijo. Durante a formação do gel, a firmeza aumenta progressivamente desde o início da gelificação como consequência da

agregação contínua de micelas de paracaseína. Eventualmente, o gel atinge uma firmeza que lhe permite resistir ao corte mecânico das facas na cuba de queijo sem se estilhaçar. No entanto, se a firmeza do gel no corte for muito baixa ou muito alta, o gel resultante será muito fraco (subconjunto) ou muito rígido (excessivo) para permitir um corte limpo sem quebrar. Quando o gel é muito macio, a estrutura do gel é desenvolvida insuficientemente e fratura mesmo sob pequenas tensões aplicadas no corte suave (Fox *et al.*, 2000).

Em um gel excessivamente firme, o grau de agregação de caseína é relativamente alto e o gel tende a ser rígido (alto G') e quebradiço (baixa tensão de fratura) e suscetível à quebra pela tensão de deformação aplicada durante o corte e agitação normais. A quebra das partículas da coalhada é indesejável, pois potencialmente afeta uma maior perda de gordura, pois mais glóbulos de gordura podem escapar das superfícies das partículas da coalhada, juntamente com o escoamento do soro imediatamente após o corte e durante os estágios iniciais da agitação. Além disso, a quebra da coalhada aumenta potencialmente o nível de finos da coalhada (isto é, partículas de coalhada <1 mm), que podem ser perdidas da massa da coalhada em maior ou menor grau, dependendo do equipamento de manuseio da coalhada (Fox *et al.*, 2000).

Essas propriedades sofrem efeitos significativos da temperatura e da acidificação no processo, bem como da quantidade e tipo de coalhada e da padronização da gordura durante a fabricação (Sales *et al.*, 2016). Na coalhada menos firme no corte ocorre maiores perdas de caseína e gordura no soro (queda no rendimento); diminuição de sinérese dos grãos e obtenção de queijos mais úmidos (Sobral *et al.*, 2017).

O processo de sinérese, que se inicia no corte da coalhada, permite ao queijeiro controlar o teor de umidade do queijo e, portanto, a atividade de microrganismos e enzimas no queijo e, conseqüentemente, a bioquímica da maturação e a estabilidade e qualidade do queijo. Quanto maior o teor de umidade do queijo, mais rápido sua maturação, mas menos estável será. Os queijos de alta umidade têm uma propensão muito maior a desenvolver sabores desagradáveis do que as variedades de baixa umidade (Fox *et al.*, 2000).

Na fabricação dos queijos artesanais mineiros, além da ausência de pasteurização, não são utilizadas etapas que padronizam o produto, principalmente o aumento da temperatura de coagulação. A temperatura de coagulação do leite precisa

ser controlada para evitar possíveis defeitos no queijo. Essa temperatura pode variar dependendo do tempo em que o leite espera até completar o tambor e ser coagulado ou da temperatura ambiente da região de produção. Normalmente, a coagulação é feita com leite a 32 °C - 34 °C para quase todos os queijos de coagulação enzimática. Nos queijos artesanais, o leite não é aquecido, por isso são fabricados logo após a ordenha de forma a aproveitar a temperatura em que sai do úbere para a coagulação. Nos dias mais frios ou num tempo excessivo de espera para coagulação, o leite pode esfriar, causando defeitos de coagulação e possivelmente defeitos de composição do queijo, como excesso de umidade ou fermentação descontrolada, afetando diretamente nas características sensoriais do produto devido a alteração da maturação e rendimento, acarretando perdas econômicas para o produtor (Sobral *et al.*, 2019).

A prevenção e a correção dos defeitos em queijos artesanais são mais difíceis, se comparadas aos queijos fabricados na indústria, com leite pasteurizado. Isso ocorre, porque nos queijos artesanais a matéria-prima principal, ou seja, o leite, não pode ser padronizado como acontece na indústria. O leite não apresenta características físico-químicas constantes e pode variar ainda mais com as diferentes estações do ano. Muitos produtores já fazem adaptações de tecnologias empiricamente, com o respaldo de suas experiências na prática do dia a dia (Sobral *et al.*, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 SELEÇÃO DA QUEIJARIA PRODUTORA DO QUEIJO MINAS ARTESANAL

A seleção da queijaria para o projeto começou com o levantamento no Instituto Mineiro de Agricultura de produtores regularizados e autorizados para a produção do queijo. Em seguida, foi realizada uma análise para verificar qual queijaria do Campo das Vertentes atenderia aos requisitos mínimos estruturais para a realização do projeto e para um melhor deslocamento entre a queijaria e Juiz de Fora, onde foram realizadas as análises.

4.2 PLANO DE AMOSTRAGEM

Durante 3 dias distintos (3 repetições) os queijos foram fabricados com leite a 36 °C (que saiu do úbere da vaca) e 28 °C (quando o leite chegou na queijaria em dias frios) (2 tratamentos), os queijos foram maturados na própria queijaria quando foram coletados para as análises subsequentes. O mesmo leite foi utilizado nos 2 tratamentos do projeto nas duas fabricações do queijo, com a diferença de que um foi resfriado a 28 °C em um tanque de inox com camisa de água/vapor, acoplado com uma mangueira com água à temperatura ambiente. A Figura 5 apresenta o desenho experimental realizado no trabalho.

Figura 5 - Desenho Experimental.



Fonte: Elaborado pela autora

Os queijos foram coletados frescos para análise de rendimento e os maturados na queijaria (7, 14, 22 e 30 dias de maturação) foram levados para os laboratórios da EPAMIG ILCT para que fossem analisados. Os queijos recolhidos foram analisados quanto à composição físico-química (A_w , umidade, sal, pH, resíduo mineral fixo, proteína, índices de proteólise, gordura), perfil de textura e cor instrumental.

Os queijos aos 22 dias de maturação foram avaliados quanto à microbiota presente (bactérias lácticas, fungos filamentosos e leveduras, *Listeria* sp., *Salmonella* sp., coliformes 30 °C e 45 °C, *S. aureus*). O soro foi coletado para realização das análises de acidez titulável, pH, teor percentual (m/v) de proteína verdadeira, gordura e densidade a 15 °C.

4.3 TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DO QUEIJO MINAS ARTESANAL

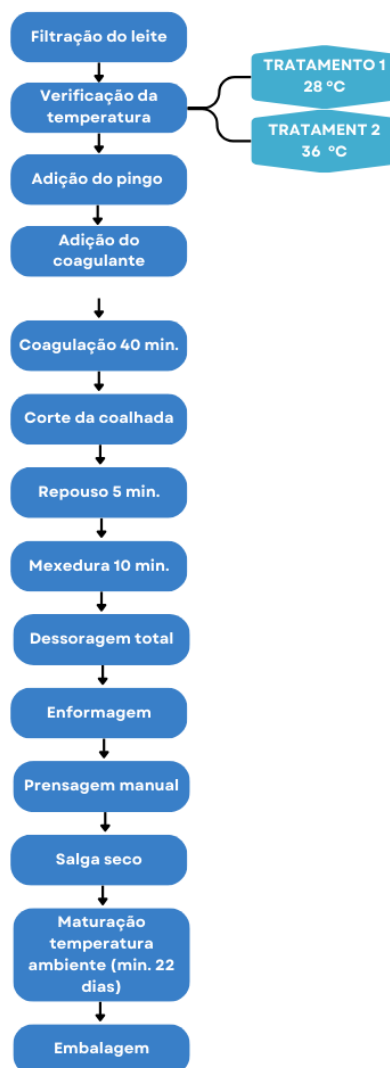
Os queijos Minas Artesanal foram fabricados conforme apresentado na Figura 6. Em sua fabricação, o leite cru recém-ordenhado na sala de ordenha próxima à sala da queijaria foi filtrado e transferido para o tanque de fabricação. Na sala havia 2 tanques para a produção: 100 litros foram encaminhados para um tanque da queijaria a uma temperatura de 36 °C e 40 L para o tanque de inox, que foi resfriado a 28 °C com ajuda de uma água a temperatura ambiente passando pela camisa do tanque. Em seguida, foi adicionado o pingo retirado da fabricação do dia anterior, na quantidade de 8,8 mL/L, e o coagulante 0,3 mL/L (Quimosina Três Coroas) diluído em água, e realizada uma mexedura para homogeneização dos ingredientes no leite. Em seguida, foi aguardado um tempo de 40 minutos para o corte da coalhada, sendo que os dois tanques de fabricação foram cortados no mesmo tempo de coagulação.

Após esse tempo, a coalhada foi cortada com o auxílio da lira vertical, em seguida, os grãos ficaram em repouso por 5 minutos. Após o tempo, iniciou-se a mexedura da massa, com o auxílio de uma pá, com movimentos lentos por 10 minutos. Concluído o tempo, a massa ficou em repouso para decantar.

A massa de queijo parcialmente drenada foi coletada e distribuída em formas com tecido sintético. A massa na forma foi prensada com o auxílio das mãos para retirar o excesso de soro e compactá-la. Subsequentemente, os queijos receberam uma salga superficial a seco com sal grosso ou triturado e permaneceram nas formas sob a bancada de ardósia. Depois de aproximadamente 1 hora, os queijos foram virados e o processo de salga foi repetido.

No segundo dia de processamento, foi retirado o pingo (soro que saiu dos queijos durante a salga no período da noite), em seguida, retirado o excesso de sal do queijo e desenformado. O queijo seguiu para uma raspagem da superfície onde foi retirado os defeitos da casca e corrigido as imperfeições no formato do queijo, depois para a maturação em temperatura ambiente nas prateleiras de madeira por um período mínimo de 22 dias, posteriormente embalado em embalagem plástica de grau alimentício.

Figura 6 – Fluxograma de fabricação do experimento no queijo Minas Artesanal.



Fonte: Elaborado pela autora

4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO LEITE CRU

As amostras de leite cru foram avaliadas em relação à:

- Teor percentual (m/v) de gordura: Método butirométrico (BRASIL, 2006);
- Acidez Titulável: Realizado pelo método titrimétrico com solução de NaOH 0,1 mol/L, o resultado dado em % (m/v) de compostos de caráter ácido expressos como ácido láctico (BRASIL, 2006);

- Teor percentual (m/v) de proteína total: Realizada a partir da determinação dos teores de nitrogênio total (NT), pelo método de Kjeldahl (PEREIRA et al., 2001). O fator para conversão de nitrogênio em proteína foi de 6,38;
- pH: Realizado por meio de leitura em medidor de pH calibrado (BRASIL, 2006).

4.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SORO

As amostras dos soros foram coletadas 10 minutos após o corte da coalhada e analisadas quanto a:

- Acidez Titulável: Utilizou-se o método titrimétrico com solução de NaOH 0,111 mol/L, o resultado foi dado em % (m/v) de compostos de caráter ácido expressos como ácido láctico (BRASIL, 2006);
- pH: Foi realizada por meio de leitura em medidor de pH calibrado (BRASIL, 2006);
- Teor percentual (m/v) de proteína total: Foi realizada a partir da determinação dos teores de nitrogênio total (NT), pelo método de Kjeldahl (PEREIRA *et al.*, 2001). O fator para conversão de nitrogênio em proteína foi de 6,38;
- Teor percentual (m/v) de gordura: Utilizou-se o método butirométrico (BRASIL, 2006);
- Densidade a 15 °C: Foi realizada por meio de um termolactodensímetro (BRASIL, 2006).

4.6 AMOSTRAGENS DOS QUEIJOS DURANTE A ESTOCAGEM

Os queijos foram coletados aleatoriamente de cada lote para análises físico-químicas, cor instrumental, perfil de textura e análises microbiológicas. O processo de preparo de amostra foi realizado segundo Brasil (2006).

4.6.1 Análises físico-químicas dos Queijos Minas Artesanais

Os queijos frescos foram analisados (1 dia de fabricação) para cálculo de rendimento quanto a:

- Teor percentual (m/v) de gordura: Método butirométrico (BRASIL, 2006);
- Teor percentual de cloretos (PEREIRA *et al.* 2001);

- Teores percentuais (m/m) de Umidade e Sólidos Totais: Foi utilizado o método gravimétrico em estufa a $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2006);
- Nitrogênio total: Utilizou-se o de fungos filamentosos e leveduras Kjeldahl, conforme descrito por Pereira *et al.* (2001) para se calcular o teor percentual de proteína: com base no teor de nitrogênio total, conforme descrito na seção 6.036 da A.O.A.C. (1984). O fator utilizado foi de 6,38.

Nos tempos 7, 14, 22 e 30 dias de maturação da produção em cada repetição, os queijos foram analisados quanto aos seguintes aspectos:

- Teor percentual (m/v) de gordura: Método butirométrico (BRASIL, 2006);
- Teor percentual de cloretos pelo método de Volhard (PEREIRA *et al.* 2001);
- Teores percentuais (m/m) de Umidade e Sólidos Totais: Foi utilizado o método gravimétrico em estufa a $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2006);
- Nitrogênio total: Utilizou-se o método Kjeldahl, conforme descrito por Pereira *et al.* (2001) para se calcular o teor percentual de proteína: com base no teor de nitrogênio total, conforme descrito na seção 6.036 da A.O.A.C. (1984). O fator utilizado foi de 6,38;
- pH: Foi realizada por meio de leitura em medidor de pH calibrado (BRASIL, 2006);
- Índice de extensão de proteólise: Os teores de nitrogênio total (NT) e de nitrogênio solúvel em pH 4,6 (NS), dos queijos foram determinados pelo método Kjeldahl, segundo Pereira *et al.* (2001). Esse índice de extensão da proteólise foi calculado pela relação entre a porcentagem de nitrogênio solúvel em pH 4,6 e a porcentagem de nitrogênio total (Equação 1).

$$\text{Índice de extensão} = \frac{\text{Nitrogênio solúvel em pH 4,6}}{\text{Nitrogênio total}} \times 100 \quad (1)$$

- Índice de profundidade de proteólise: O índice de profundidade da proteólise foi calculado pela relação entre a porcentagem de nitrogênio solúvel em TCA 12% e a porcentagem de nitrogênio total (Equação 2).

$$\text{Índice de profundidade} = \frac{\text{Nitrogênio solúvel TCA 12\%}}{\text{Nitrogênio total}} \times 100 \quad (2)$$

- Atividade de água por meio da leitura direta no equipamento Aqualab® série 3, marca Decagon.

4.6.2 Análise do perfil de textura dos queijos Minas Artesanais

A análise do perfil de textura dos queijos foi realizada utilizando-se o Texturômetro CT3 Textura Analyzer (Brookfield, Middleboro, USA). O preparo das amostras foi realizado pela retirada de seis pedaços de 20 mm de aresta em formato de cubo, sendo que não foram utilizados o centro e as bordas das amostras. Os cubos de queijo foram acondicionados em sacos plásticos impermeáveis e mantidos a 16°C em uma BOD, por um período de 1h e 30 min, antecedentes aos testes. No decorrer dos ensaios, as amostras foram comprimidas a 30%, velocidade do teste 1 mm/s, célula de carga de 4500g, por um cone de 30 mm de altura e 60°.

A textura foi determinada instrumentalmente, em sextuplicata, pela análise do perfil de textura Texture Profile Analysis (TPA). As análises do Perfil de Textura dos queijos foram realizadas no 7° dia, 14° dia, 22° dia e 30° dia de maturação do produto. Os parâmetros mensurados foram: dureza, mastigabilidade, adesividade, elasticidade e coesividade.

4.6.3 Avaliação da cor instrumental dos queijos Minas Artesanais

A cor dos queijos foi avaliada pelo sistema CIE L* a* b*, por meio do espectrofotômetro CM-5, com abertura inferior (Konika Minolta, Sensing Americas, Inc.), com calibração automática do padrão branco (refletância)/100%. O tipo de medição adotada para avaliação da cor dos queijos foi a refletância. Os parâmetros usados no teste foram: faixa de comprimento de onda de 360 nm até 740 nm, área de medição LAV (diâmetro 30mm) e componente especular para SCI (componente especular incluído). Os componentes utilizados foram: máscara de medição (para miniplaca de Petri): CM-A158 e placa de petri CM-A128.

4.7 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS QUEIJOS MINAS ARTESANAL

As análises microbiológicas realizadas aos 22 dias de maturação foram:

- Contagem de fungos filamentosos e leveduras - Compact Dry YM (AOAC 100401 - Método para Contagem de fungos filamentosos e leveduras em laticínios);
- Contagem de coliformes a 30°C e a 45°C – Petrifim Coliform Count Plate, 3M, NMUSA (AOAC 991.14 – Contagem de Coliformes e *E. coli* em alimentos, película Reidratável Seca);
- Contagem de *Staphylococcus aureus* – Petrifim Staph Express Count Plate, 3M, NM-USA (AOAC 2003.08 – Método para Contagem de *Staphylococcus aureus* em Laticínios);
- Contagem de *Listeria monocytogenes* – Reveal® 2.0 para *Listeria*, (Neogen, Métodos para Contagem de *Listeria monocytogenes* em Laticínios);
- Contagem de *Salmonella* ssp– Compact Dry SL – *Salmonella*, (CapLab – Métodos para Contagem de *Salmonella* ssp em Laticínios);
- Contagem de Bactérias Lácticas – Método tradicional – Ágar MRS - Métodos para Contagem de Bactérias Lácticas em Laticínios – (Silva *et al.*, 2001).

4.8 RENDIMENTO

O rendimento dos queijos foi calculado em litros de leite por quilo de queijo (L/kg), a partir do peso em kg dos queijos oriundos da produção antes de serem enviados para as prateleiras de maturação. Também foram utilizadas as seguintes fórmulas para o cálculo de rendimento de fabricação (Furtado, 1999):

- Litros de leite por quilo de queijo ajustado (L/kg A), considerando uma umidade pretendida de 50%(m/m)

$$\text{L/kg} = \frac{\text{volume leite (kg)} \times (100 - \text{Umidade pretendida})}{\text{kg queijo} \times \text{sólidos totais do queijo (\%)}} \quad (3)$$

- Rendimento técnico pelo método empírico

$$\text{método empírico (\%)} = \frac{\text{gordura soro} \times 100}{\text{gordura leite}} \quad (4)$$

Também foi calculada a cifra de transição da gordura e da proteína do leite para o queijo, da seguinte forma (Furtado, M. M., e Pombo, A. F. W., 1979):

$$\text{cifra de transição da gordura} = \frac{\text{massa (kg) de gordura do queijo} \times 100}{\text{massa (kg) de gordura do leite}} \quad (5)$$

$$\text{cifra de transição da proteína} = \frac{\text{massa de proteína (kg) do queijo} \times 100}{\text{massa de proteína (kg) do leite}} \quad (6)$$

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento utilizado foi em parcelas subdividas no tempo, sendo o tratamento considerado como fator principal, e o tempo, como subfator. Apenas para a análises de composição do soro e rendimento realizados em um só tempo, foi utilizado o teste t (5% de significância). Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey com significância ($P < 0,05$) por meio do programa Sisvar (Ferreira, 1999).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO LEITE CRU

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios das análises físico-químicas do leite cru empregado na elaboração dos queijos Minas Artesanais. Essa tabela fornece uma síntese das características do leite que foram avaliadas antes do processo de fabricação dos queijos, contribuindo para uma avaliação do perfil inicial do leite utilizado.

Tabela 1 - Análises físico-químicas do leite cru refrigerado utilizado na fabricação dos queijos Minas Artesanal (média \pm DP).

Análises	Média \pm DP	Decreto nº 42.645 05/06/2002
Umidade (% m/v)	87,24 \pm 0,34	-
Extrato seco total (% m/v)	12,76 \pm 0,34	mínimo 11,5 %
Gordura (% m/v)	3,65 \pm 0,36	mínimo de 3%
Proteína (% m/v)	4,09 \pm 0,47	-
pH	6,65 \pm 0,01	-
Acidez titulável*	0,17 \pm 0,00	0,15 a 0,20%

*% (m/v) de compostos de caráter ácido expressos como ácido láctico. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Durante os três dias de produção dos queijos Minas artesanais, o leite utilizado mostrou variações em sua composição físico-química, possivelmente influenciadas pela origem da matéria-prima proveniente da mesma fazenda, embora coletada em dias diferentes. O leite analisado seguiu os parâmetros da legislação estabelecida pelo Decreto Estadual nº 42.645/2002, posteriormente alterado pelo Decreto Estadual nº 44.864/2008, que define os critérios de qualidade do leite para a produção do queijo Minas Artesanal (Minas Gerais, 2002; 2008).

A análise do leite utilizado na fabricação do queijo Minas Artesanal apresentou um teor de gordura de 3,65% m/v, superior ao mínimo exigido por lei de 3% m/v. Esse resultado indica que o leite atende satisfatoriamente a esse padrão de qualidade. O teor inicial de matéria gorda do leite tem grande influência na produção do queijo. A retenção da gordura no queijo auxilia a formação da matriz proteica, influencia a textura, o rendimento e a qualidade sensorial do produto (HICKEY *et al.*, 2015)

No entanto, a acidez titulável encontrada foi de 0,17g de ácido láctico/100mL, dentro da faixa estipulada pelo Decreto Estadual nº 42.645/2002 entre 0,15 e 0,20.

Conforme a legislação (Minas Gerais, 2020), o leite após a obtenção deve ser processado até noventa minutos após o começo da ordenha, no entanto, o leite utilizado no experimento foi ordenhado e já encaminhado para a fabricação de queijo, e possivelmente não houve tempo para que ocorresse a fermentação da lactose pelas bactérias presentes no leite e aumento da acidez titulável. Silva (2024) verificou que a acidez titulável do leite das queijarias que fabricam o QMA da Serras da Ibitipoca, na época da seca, variaram de 0,12-0,17%. Os componentes presentes no leite podem ser influenciados por fatores ambientais e pela dieta dos animais. Além disso, vários outros elementos impactam na qualidade do leite cru, como as características genéticas dos animais, idade, estágio de lactação, espécie e saúde deles, juntamente com os métodos de ordenha, transporte e procedimentos de manipulação (Gonzales *et al.* 2004).

Os teores de gordura e proteína no leite são consideravelmente influenciados pela nutrição dos animais, levando em conta fatores como a qualidade e quantidade dos alimentos fornecidos, assim como sua distribuição ao longo do período de lactação (Rocha *et al.*, 2018). Em um estudo realizado por Figueiredo (2018), foram observados valores similares de teor de gordura no leite destinado à produção do queijo Minas Artesanal na região da Serra do Salitre-MG tanto durante o período chuvoso quanto na estação seca.

O leite naturalmente exibe uma certa acidez; o pH das amostras foi medido dentro de uma faixa ácida conforme esperado, em virtude da presença de carbonatos, fosfatos, caseínas, minerais aniônicos e ácidos orgânicos. Ademais, a fermentação microbiana também contribui para o aumento da acidez do leite (Calamari *et al.*, 2016). Os valores de pH registrados neste estudo foram semelhantes aos dados reportados por Lima (2021), em relação ao leite de cinco produtores, usado na produção de Queijos Minas frescal do Triângulo Mineiro.

A composição físico-química do leite desempenha um papel fundamental em diversas etapas da fabricação de queijo, especialmente no processo de coagulação, firmeza do gel, liberação de soro durante a coagulação e conseqüentemente na composição e rendimento do queijo. Diversos elementos, como espécie, raça, características individuais, estado nutricional, saúde e fase de lactação da vaca produtora influenciam os componentes do leite. Por isso é crucial realizar análises físico-químicas da matéria-prima para garantir a qualidade e consistência dos queijos

(Fox, 2003). É importante destacar que a composição do leite na produção de queijos é essencial para assegurar a homogeneidade do produto final (Paula *et al.*, 2009).

5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SORO

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises físico-químicas realizadas no soro, obtidos após o corte da coalhada durante o processo de produção dos queijos Minas Artesanal.

Tabela 2 - Composição físico-química média do soro das fabricações do queijo Minas Artesanal nos tratamentos a 28 °C e 36 °C (média ± DP).

Análises	Temperatura do leite na fabricação	
	28 °C	36 °C
Gordura % (m/v)	0,56± 0,15 ^a	0,58± 0,02 ^a
Proteína % (m/v)	1,25± 0,18 ^a	1,40± 0,19 ^a
Acidez titulável*	0,12± 0,00 ^a	0,12± 0,00 ^a
pH	6,66± 0,01 ^a	6,35± 0,41 ^a

*% (m/v) de compostos de caráter ácido expressos como ácido láctico.

^{a, b, c, d} Letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P < 0,05). Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Não foram encontradas diferenças significativas (P>0,05) na composição e propriedades do soro entre os dois métodos de tratamento avaliados, devido à consistência na aplicação da tecnologia de produção e no processo de coleta das amostras, que sempre foram obtidas ao final do processo de mexedura. Apesar da coalhada no tratamento a 28 °C ter ficado menos firme, o manipulador realizou o ajuste da umidade dos queijos na mesa de prensagem e moldagem, onde foi observado um soro mais leitoso que não fez parte dessa análise, o soro é coletado antes desse processo.

Porém, foi observada uma perda maior de proteína no soro nos dois tratamentos, comparado com os trabalhos de Minighin (2016), que encontrou 0,9%, e os de Tsakali *et al.* (2010), que variaram de 0,08 a 1,00%, na fabricação de queijos em que o leite passou por tratamento térmico (pasteurização). Contudo, sabemos que queijos elaborados a partir de leite cru não passam pelo tratamento térmico, o qual é responsável pela desnaturação das proteínas do soro. A interação entre as proteínas do soro e a micela de caseína aumenta com a desnaturação, o calor desnatura as proteínas do soro, expondo grupos de cadeia lateral que facilitam sua agregação às

micelas de caseína, aumentando a recuperação de proteína na coalhada. Portanto, no QMA não ocorreu tratamento térmico alto, favorecendo as proteínas do soro a permanecerem solúveis no soro, resultando no aumento de proteína (Kelly *et al.*, 2008).

O soro de leite resulta da separação da caseína durante a fabricação do queijo, representa aproximadamente 85-95% do volume total do leite (Siso, 1996). Segundo Smithers (2008), cerca de metade dos sólidos presentes no leite estão presentes no soro, incluindo quase toda a lactose e aproximadamente 20% das proteínas. A composição química do soro pode variar significativamente dependendo de fatores como o tipo específico de queijo produzido, o tipo de leite utilizado (bovino, caprino ou ovino), a temporada do ano, o regime alimentar dos animais, o estágio da lactação e a qualidade dos processos industriais empregados na produção dos queijos e caseínas (Smithers, 2008).

A avaliação da acidez do soro após a formação do coalho é um aspecto essencial no controle da fabricação de queijo. Segundo Munck (2006), há duas principais categorias de soro de leite resultantes: o soro ácido, com pH abaixo de 5, e o soro doce, com pH entre 6 e 7. Este estudo foca no soro doce, que surge após a coagulação da massa por um coagulante. Os resultados médios desta pesquisa demonstram que os níveis de acidez do soro estão dentro das recomendações feitas (Siso, 1996).

5.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS QUEIJOS MINAS ARTESANAL

5.3.1. Teor de umidade dos queijos ao longo da maturação

Não foram encontradas diferenças significativas na umidade entre os tratamentos avaliados ($P > 0,05$). As médias de umidade para os tratamentos a 28 °C e 36 °C foram de $34,09 \pm 6,99$ (%m/m) e $36,44 \pm 7,48$ (%m/m), respectivamente. Essa diferença não foi observada no estudo, mesmo que o queijo feito com leite a 28 °C tenha mostrado uma consistência menos firme, visualmente, após o corte, o que poderia ter causado uma variação no nível de umidade. Isso acontece porque o produtor de queijo Minas Artesanal avalia manualmente a consistência do queijo e, devido à sua experiência prática, consegue perceber quando a massa está mais macia. Essa observação faz com que ele aplique pressão extra nos queijos menos firmes para ajustar o nível de umidade. Neste estudo, o próprio produtor fabricou os queijos dos dois grupos para garantir consistência na produção. Essa adaptação na técnica de

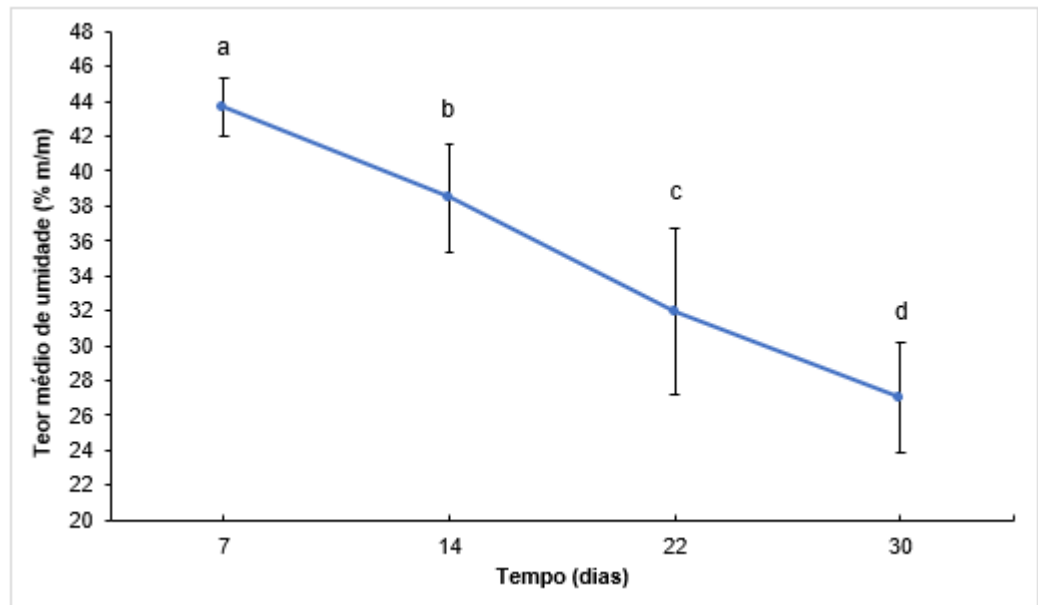
prensagem pode ter contribuído para manter níveis semelhantes de umidade entre os diferentes tratamentos.

Os ajustes estão ligados a redução da produtividade do queijo que está diretamente ligada à redução da umidade, que é muito influenciada pela prensagem após a coagulação e retirada do soro. Durante o processamento do queijo, no momento da prensagem, quanto mais força for exercida durante a prensagem, maior será a diminuição da umidade e do rendimento do queijo (Giroux *et al.*, 2022).

A umidade dos queijos também está relacionada a retirada do soro, que é fundamental para a concentração da coalhada, sendo um processo que influencia significativamente o teor final de umidade do queijo. Além disso, a remoção do soro desempenha um papel importante no desenvolvimento de microrganismos e no processo de maturação (Zottola e Smith, 1991). A retirada de soro do queijo desse trabalho, foi realizada de forma padronizada, após a mexedura de 10 minutos nos dois tratamentos a massa ficou em repouso por 10 minutos e em seguida removido a totalidade de soro, não influenciando o resultado entre os tratamentos.

Também, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na interação tratamento X tempo. Em relação ao tempo de maturação foram identificadas diferenças significativas ($P < 0,05$). A Figura 7 apresenta os valores médios de umidade encontrados durante o tempo de maturação dos queijos Minas Artesanal.

Figura 7 - Teor médio de umidade (% m/m) dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média \pm DP).



a, b, c Letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Conforme indicado na Figura 7, foi observada uma queda significativa ($P < 0,05$) nos teores de umidade dos queijos ao longo do processo de maturação. É interessante notar que a umidade dos queijos produzidos nos períodos de 22 e 30 dias foi menor em comparação com os tempos de 7 e 14 dias ($P < 0,05$). Essa diminuição na umidade, algo comum em queijos artesanais, está diretamente ligada à maturação realizada sem controle preciso da umidade e temperatura. Considerando que os queijos foram maturados em temperatura ambiente e sem embalagem, existe a possibilidade de maior perda de umidade por evaporação (Costa Junior *et al.*, 2009).

De acordo com a pesquisa conduzida por Oliveira *et al.* (2018), foi relatado que a cada dia de maturação, observa-se uma redução no teor de umidade nos queijos, que está associada ao tempo de maturação, e também aos procedimentos de produção, à quantidade e tipo de salga, que foi padronizada nos dois tratamentos, bem como à pressão aplicada durante o processo de prensagem (Oliveira *et al.*, 2018).

Em relação a legislação vigente os valores médios de umidade apresentados neste estudo, estão em conformidade com os estabelecidos pelas normas para o queijo Minas artesanal, com um limite máximo de 45,9% para a umidade, conforme portaria nº 2303, de 20 de maio de 2024 (Minas Graís, 2024). Sendo que o queijo com 22 dias

de maturação desse trabalho, apresentou 31,94% de umidade, dentro do padrão estabelecido.

E alguns outros estudos considerando os queijos produzidos no Campo das Vertentes, notaram variações significativas na umidade ao longo do período de maturação, corroborando com essa pesquisa (Castro *et al.*, 2016; Costa Junior *et al.*, 2014). As variações encontradas pelos pesquisadores, varia de 49,4% a 30% de umidade, mostram o quanto é complexo o processo de maturação e ressaltam a importância de controlar minuciosamente as condições de produção para atender aos padrões e garantir a qualidade desejada do queijo (Castro *et al.*, 2016; Costa Junior *et al.*, 2014).

5.3.2. Teor de gordura dos queijos ao longo da maturação

Não foram observadas diferenças significativas nos níveis de gordura entre os tratamentos estudados ($P > 0,05$). As médias de gordura para os tratamentos a 28 °C e 36 °C foram respectivamente de $32,73 \pm 4,39$ (%m/m) e $33,28 \pm 4,69$ (%m/m). Esses valores encontrados reforçam a consistência na composição lipídica dos queijos entre os tratamentos durante o processo de fabricação, possivelmente devido a padronização do manipulador ao realizar todas as etapas do processo tecnológico do queijo. Os níveis de gordura nos queijos estão ligados às perdas dos componentes no soro, uma vez que não houve diferenças significativas verificadas ($P > 0,05$) entre os métodos avaliados, podemos concluir que a padronização contribui para a uniformidade dos resultados.

Além disso, a quantidade de gordura encontrada no queijo pode variar dependendo da composição do leite utilizado, a qual pode ser afetada por diversos fatores, como a época do ano, o momento da ordenha, a genética do rebanho e o estágio de lactação dos animais (Costa *et al.*, 1992). Essa variação é particularmente notável no Queijo Minas Artesanal (QMA), uma vez que é elaborado com leite não padronizado, preservando assim seu teor original de gordura (Costa Junior *et al.*, 2009).

Portanto, a presença de gordura no queijo desempenha funções importantes, tais como fornecer energia, auxiliar na absorção de vitaminas lipossolúveis e influenciar na textura. Adicionalmente, durante o processo de produção do queijo, a gordura contribui para a formação de compostos que conferem aroma e sabor, impactam na cor, na capacidade de derretimento e na palatabilidade, entre outras características.

Em conjunto com as proteínas, a gordura é um dos componentes essenciais do queijo (Rodrigues, 2021).

Também não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na interação tratamento X tempo. Em relação ao tempo, os teores de gordura apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$). A Figura 8 apresenta os valores médios de gordura encontrados durante o tempo de maturação dos queijos Minas Artesanal.

Figura 8 - Teor médio de gordura (% m/m) dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média \pm DP).

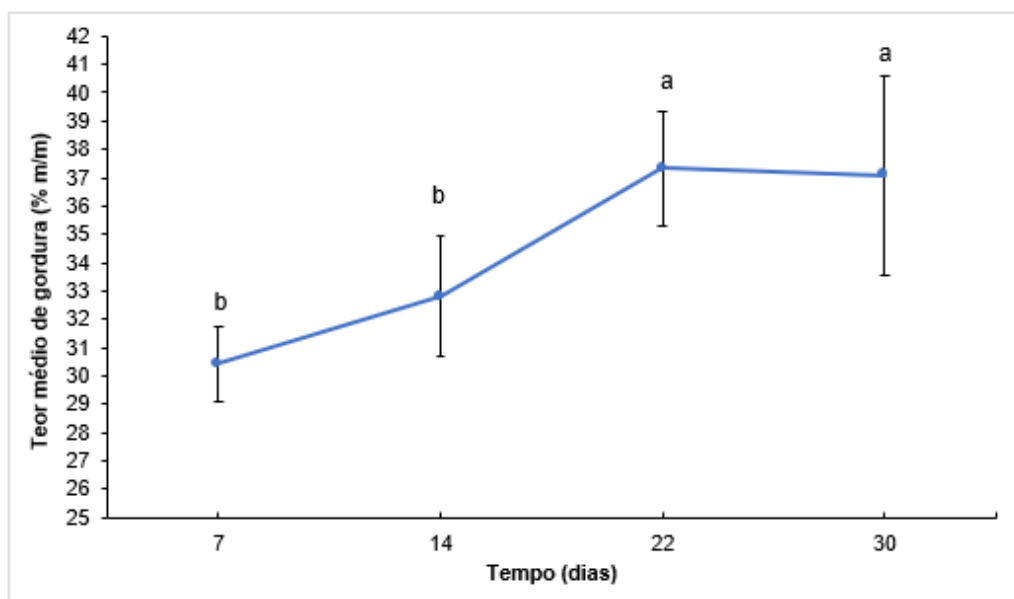


Figura 8

a, b, c Letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Ao longo do processo de maturação dos queijos foi observada uma diferença significativa ($P < 0,05$) entre os períodos de 7 e 14 dias em comparação com os períodos de 22 e 30 dias. Esse aumento do teor de gordura ao longo da maturação é esperado em decorrência do processo de maturação do queijo Minas Artesanal com a perda de umidade e concentração dos sólidos.

A concentração dos sólidos proveniente da perda umidade para o ambiente, resulta em um aumento de gordura nos queijos, conferindo características específicas e aumentando a presença de gordura no produto final. Essa relação entre perda de umidade e aumento na concentração de gordura é um aspecto importante a se

considerar para compreender as transformações durante a maturação dos queijos Minas Artesanais (Oliveira *et al.*, 2018).

O trabalho realizado por Figueiredo *et al.*, (2015), ao analisar amostras do Queijo Minas Artesanal do Serro, em Minas Gerais, com 17 dias de maturação, apresenta uma relação em porcentagem para essa perda de umidade e aumento da gordura. Observaram uma diminuição média de 25% na umidade dos queijos. Essa diminuição resultou em um acréscimo de 17% no teor de gordura e contribuiu para uma maior firmeza no queijo (Figueiredo *et al.*, 2015). Nesse estudo os queijos com 14 dias de maturação apresentou uma perda de 21% de umidade e um aumento de 19,6% em sua concentração de gordura.

Além do mais, o estudo realizado pela Sobral *et al.*, (2024) na região do Campo das Vertentes sobre a prensagem manual e a prensagem mecânica em queijos maturados com 7, 14, 22 e 30 dias, revelam também que com o decorrer do período de maturação a gordura concentra em decorrência do aumento de sólidos e perda de umidade. Os valores médios encontrados nos queijos prensados manualmente foram próximos ao encontrado nesse trabalho (Sobral *et al.*, 2024).

Também é importante destacar o trabalho de Moreno (2013), sobre caracterização dos aspectos físico-química do queijo Minas Artesanal da microrregião Campo das Vertentes. A pesquisa foi realizada no período seco e no período chuvoso em queijos maturados com 10, 20 e 30 dias de maturação. Os valores encontrados no período seco foram entre 29% e 37% com 10 dias, 33% com 20 dias e 37% depois dos 30 dias de maturação. No período chuvoso os valores encontrados foram entre 31% e 33% com 10 dias, 33% - 35% com 20 dia e 35% - 37% após 30 dias de maturação. Enquanto nesse trabalho realizado no período seco, os teores de umidade encontrado com maturação de 22 dias foi 31,94%, esses valores podem sofrer variações devido a técnica de fabricação utilizada pelo manipulador.

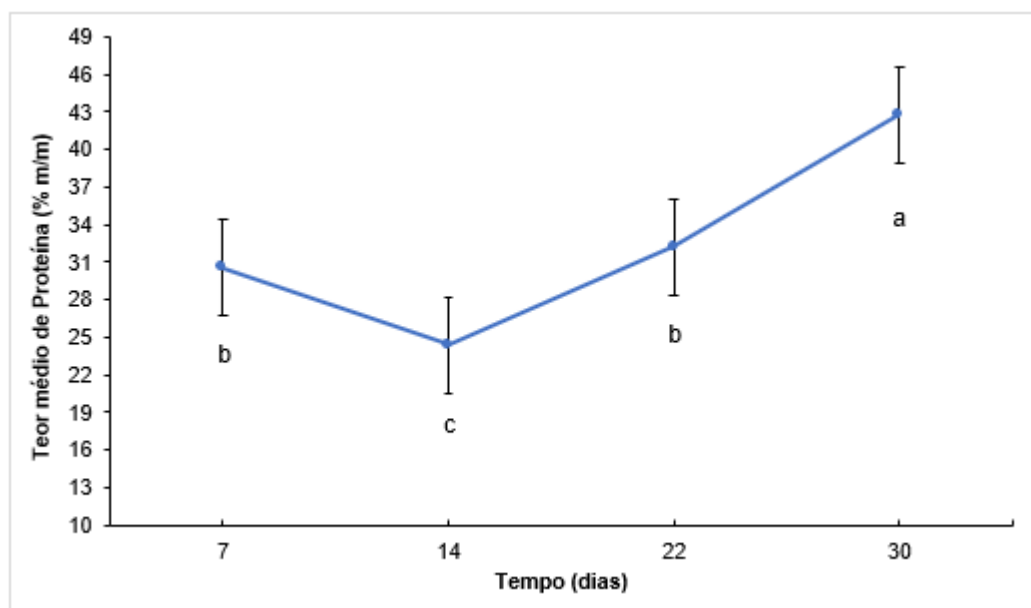
5.3.3. Teor de proteína dos queijos ao longo da maturação

Não foram encontradas diferenças significativas nos níveis de proteína entre os tratamentos ($P > 0,05$). As médias de proteína para os tratamentos a 28 °C e a 36 °C foram de $29,12 \pm 10,24$ (%m/m) e $28,46 \pm 9,85$ (%m/m) respectivamente. Essas médias de proteína estão relacionadas a estabilidade de proteína do leite utilizado entre as fabricações e as técnicas utilizadas durante a produção que foram padronizadas. Não

foi observada nenhuma diferença significativa ($P > 0,05$) de perdas da proteína no soro entre os tratamentos avaliados.

Também, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na interação tratamento X tempo. No entanto, o teor de proteína variou ao longo do processo de maturação dos queijos ($P < 0,05$). A Figura 9 apresenta os valores médios de proteína encontrados durante o tempo de maturação dos queijos Minas Artesanal.

Figura 9 - Teor médio de proteína (% m/m) dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média \pm DP).



a, b, c Letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A forma como a proteína se comporta no queijo difere da umidade, já que a perda de umidade ao longo do tempo leva à concentração de sólidos, o que resulta em um aumento da quantidade de proteína no queijo. Compreender essa mudança é crucial para acompanhar as alterações na composição do queijo durante o processo de maturação ou armazenamento, uma vez que a concentração de proteína pode impactar não só a textura, mas também no sabor e na propriedades físicas do produto. Assim, a relação entre umidade e proteína é um fator relevante na produção e qualidade final do queijo (Oliveira, 2017).

Também no estudo de Sales (2015), foi observado um aumento gradual nos níveis de proteína no queijo Minas artesanal de Araxá. Esse fenômeno era esperado, já que, à medida que a umidade do queijo diminui, os sólidos totais aumentam,

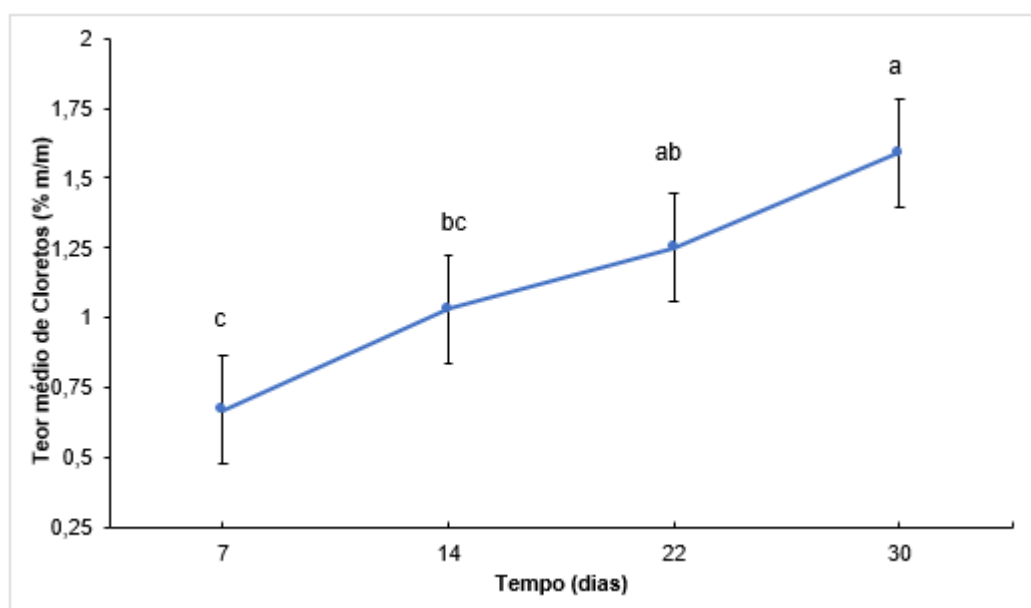
resultando em maior concentração de proteínas, um dos elementos essenciais do queijo (Sales, 2015).

5.3.4. Teor de cloretos dos queijos ao longo da maturação

Quanto ao teor de cloretos, não foram detectadas diferenças significativas entre os queijos dos diferentes tratamentos ($P > 0,05$), com médias de $1,11 \pm 0,46$ (%m/m) e $1,20 \pm 0,39$ (%m/m) para os tratamentos a 28°C e 36°C respectivamente. O método de salga empregado consiste na aplicação de sal grosso em ambas as faces dos queijos após a prensagem seguido pela viragem e adição de sal na outra face, o que resultou em níveis consistentes nos queijos. A ausência de diferença estatística sugere que a variação da temperatura não teve impacto significativo nos níveis de cloretos (sal). O teor de sal no queijo é influenciado pela umidade, que não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$).

Também não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na interação tratamento X tempo. Contudo, quando consideramos o fator tempo, observou-se diferenças significativas nos teores de sal ($P < 0,05$). Os valores médios de sal ao longo do período de maturação dos queijos Minas Artesanal estão apresentados na Figura 10.

Figura 10 - Teor médio de cloretos (% m/m) dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média \pm DP).



a, b, c Letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

O sal no queijo não apenas proporciona o sabor característico, mas também realça ou suaviza o sabor de outros componentes. Ele auxilia na remoção do excesso de água da massa do queijo, ajudando na sua secagem, e desempenha um papel crucial na seleção das bactérias que irão compor a microbiota do queijo (Furtado, 1990).

Os resultados indicam que os níveis de sal nos queijos aumentam à medida que eles maturam devido à perda de umidade, o que resulta em uma maior concentração de sólidos, incluindo o sal. Pesquisas anteriores sustentam essa descoberta, apontando para um aumento gradual nos níveis de cloreto de sódio durante o processo de maturação. Isso sugere que o sal se acumula no queijo devido à desidratação associada a maturação, fortalecendo a relação entre a redução da umidade e o aumento do teor de sal (Oliveira, 2017; Taveira *et al.*, 2015).

No estudo realizado por Araújo (2004) em queijos artesanais na região de Araxá, o teor de cloretos variou de 0,91% a 2,59%, evidenciando a falta de padronização entre os produtores. Isso ocorreu porque a salga a seco era feita sem pesagem ou medidas precisas, e o tempo de exposição ao sal variava consideravelmente. Em outro estudo, realizado por Pinto *et al.* (2016) sobre queijo artesanal na microrregião de Montes Claros, queijos com aproximadamente 8 dias de maturação apresentaram um teor médio de cloretos de 1,82%, valores próximos aos encontrados nesse trabalho.

5.3.5 pH

A análise dos valores de pH para os queijos Minas Artesanal nos diferentes tratamentos investigados não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos, ao longo do processo de maturação e na interação tratamento e tempo. As médias de pH para os grupos a 28 °C e 36 °C foram de $5,00 \pm 0,36$ e $5,02 \pm 0,30$, respectivamente. Os valores encontrados durante o período de maturação 7, 14, 22 e 30 dias foram $5,31 \pm 0,47$, $4,88 \pm 0,08$, $4,9 \pm 0,36$, $4,94 \pm 0,19$, respectivamente.

A falta de diferença pode ser atribuída a várias razões, principalmente pela estabilização da fermentação da lactose durante a maturação do queijo, o que provavelmente contribuiu significativamente para manter os valores de acidez observados constantes. A lactose presente nos sólidos totais é fermentada pelas bactérias ácido lácticas (BAL) presentes no soro, resultando na produção de ácido láctico e consequente redução do pH (Costa Junior *et al.*, 2014).

Durante o processo de maturação, pequenas flutuações no pH podem ser explicadas pela hidrólise das proteínas causada pela atividade das enzimas proteolíticas naturalmente presentes no leite (plasmina) e também no fermento endógeno (pingo). Esse processo resulta na formação de compostos nitrogenados alcalinos. A desaminação dos aminoácidos neutraliza os prótons de hidrogênio liberados durante a conversão da lactose em ácido lático, o que contribui para elevar o pH (Dores, 2007).

A relação entre o pH e os níveis de umidade é crucial, especialmente quando não há diferenças significativas nos dados de umidade entre os tratamentos, como observado neste estudo ($P > 0,05$). Isso sugere que o substrato para a fermentação, a lactose hidrossolúvel, provavelmente permaneceu consistente entre os queijos produzidos sob duas condições de temperatura. Como resultado, a redução do pH, impulsionada pela liberação de ácido lático durante a fermentação, provavelmente foi uniforme entre os tratamentos, já que foi utilizada a mesma quantidade de pingo em ambos os tratamentos, o que pode explicar a falta de diferenças significativas no pH observado entre eles.

A alteração do pH também é afetada pela capacidade de tamponamento do queijo, a qual está associada à quantidade de proteínas e sais minerais presentes (Narimatsu *et al.*, 2003). Esses aspectos foram importantes para manter os valores de pH estáveis durante o período de maturação, independentemente das mudanças de temperatura ocorridas durante a produção. Em seu trabalho na região de Campo das Vertentes, Castro (2015) encontrou valores de pH 5,53 no período de seca em queijos frescos, próximo ao valor encontrado nesse trabalho para o queijo com o período de maturação próximo.

O pH do queijo afeta não apenas o sabor, mas também as reações químicas que ocorrem durante a maturação. Essas reações são catalisadas por enzimas do coalho e por aquelas de origem microbiana. Os microrganismos responsáveis pela produção dessas enzimas necessitam de um pH específico para se desenvolverem adequadamente, medir o pH do queijo é uma etapa de muito importante para todos esses controles (Furtado, 1990).

5.3.6 Atividade de água (A_w)

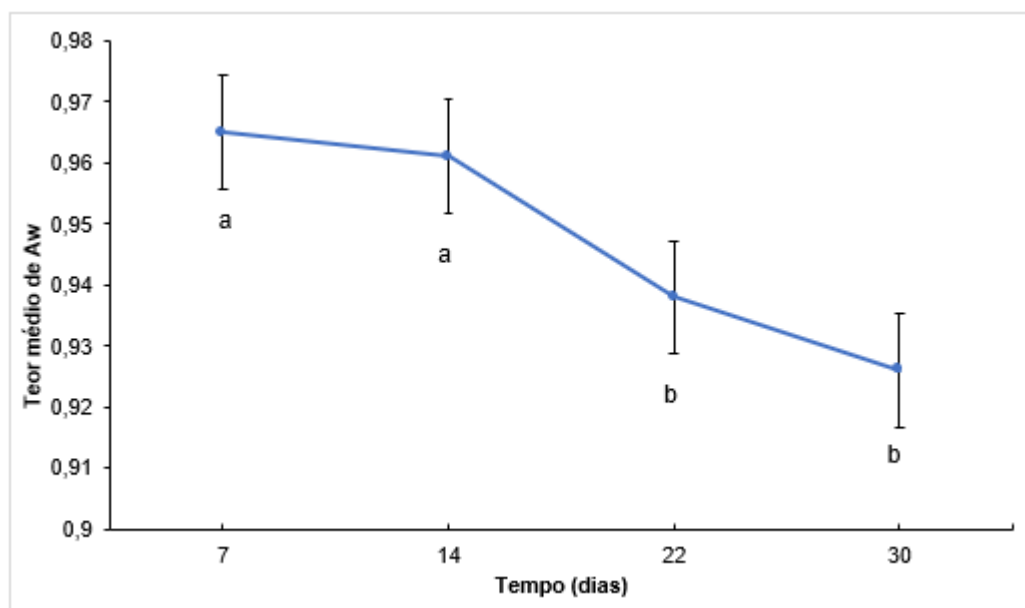
Não foram encontradas diferenças significativas relevantes na atividade de água entre os tratamentos ($P > 0,05$). As médias de atividade de água para os tratamentos a 28 °C e 36 °C foram de $0,947 \pm 0,019$ e $0,948 \pm 0,021$, respectivamente. Essa consistência observada pode ser atribuída à influência direta da umidade e do conteúdo de sal no controle da atividade de água do queijo. Observou-se que não houve variação estatística ($P > 0,05$) nos níveis de sal e umidade entre os diferentes tratamentos, o que pode ser explicado pela uniformidade na adição de sal durante a fabricação do queijo e pelo cuidadoso ajuste da umidade realizado pelo operador durante a prensagem manual. Essa uniformidade tanto no teor de sal quanto na umidade ajuda a manter estável a atividade de água nos queijos, mesmo quando expostos a diferentes temperaturas de coagulação.

A umidade presente no queijo desempenha um papel crucial na determinação da atividade da água (A_w), quanto mais água houver, maior será essa atividade. Além disso, o teor de sal no queijo também exerce uma influência significativa. O sal reduz a atividade da água ao interagir com a água livre presente no queijo, diminuindo sua disponibilidade para reações microbianas. Portanto, é essencial garantir um controle preciso da umidade e do teor de sal para manter a atividade da água em níveis seguros, reduzindo assim o risco de crescimento indesejado de microrganismos e assegurando a qualidade e segurança do produto final (Fox; McSweeney, 1998).

Contudo, controlar a atividade de água do queijo é um parâmetro muito importante, garante sua qualidade e segurança microbiológica. Manter a A_w em níveis adequados previne o crescimento indesejável de microrganismos patogênicos, prolonga a vida útil do produto e preserva as características desejáveis como textura e sabor (Bansal e Veena, 2024).

No entanto, ao longo do período de maturação, observou-se diferenças significativas nos valores médios da atividade de água ($P < 0,05$), mas não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na interação tratamento X tempo.. Os resultados das análises dos níveis médios de atividade de água durante a maturação dos queijos Minas Artesanal estão apresentados na Figura 11.

Figura 11 - Atividade de água dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média \pm DP).



a, b, c Letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Foi observada uma diferença estatisticamente significativa entre os períodos de 7 e 14 dias em comparação com 22 e 30 dias de maturação ($P < 0,05$). A variação na atividade de água do queijo ao longo do processo de maturação é diretamente influenciada pela perda gradual de umidade do produto, levando à volatilização da água disponível. Este fenômeno está alinhado com as conclusões de Marcos *et al.*, (1981), que destacaram uma correlação positiva entre o teor de umidade e a atividade da água (Aw) no queijo. Nas análises da umidade realizadas durante a maturação no presente estudo, foram identificadas diferenças relevantes ($P < 0,05$) em relação ao tempo de maturação.

A redução na atividade da água (Aw) observada pode ser atribuída à perda de umidade durante o processo sem embalagem dos queijos. Essa perda resulta na diminuição da atividade da água. Especula-se que essa redução na Aw seja consequência da dissolução do sal na umidade do queijo e da hidrólise das proteínas em peptídeos e aminoácidos. Cada ligação peptídica formada nesse processo consome uma molécula de água, contribuindo para a diminuição geral da atividade da água nos queijos maturados (Beresford *et al.*, 2001).

Vários elementos influenciam na diminuição da atividade de água em queijos, como a redução da quantidade de água, o aumento dos sólidos não gordurosos, o

aumento do teor de sal no queijo, a diminuição da acidez e o período de maturação (Dores, 2007).

5.3.7 Proteólise

5.3.7.1 Índice de extensão de proteólise

Com base na análise estatística realizada, não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos e nem na interação tratamento X tempo. As médias de extensão da proteólise nos queijos submetidos aos tratamentos a 28 °C e 36 °C foram de aproximadamente $9,40\% \pm 4,18$ e $8,56\% \pm 3,51$, respectivamente. Essa observação pode ser justificada pelo fato de que os queijos passaram pelo mesmo período de maturação em ambos os tratamentos e pela utilização da mesma quantidade de coagulante na produção de todos os queijos.

Em geral, a maior parte da hidrólise das proteínas é realizada pela ação do coalho/coagulante. No entanto, a decomposição das proteínas do leite, conhecidas como caseínas, ocorre devido à atividade residual das enzimas proteolíticas dos microrganismos presentes no fermento e às enzimas naturais do próprio leite, como a plasmina (Fox; Mc Sweeney, 1998).

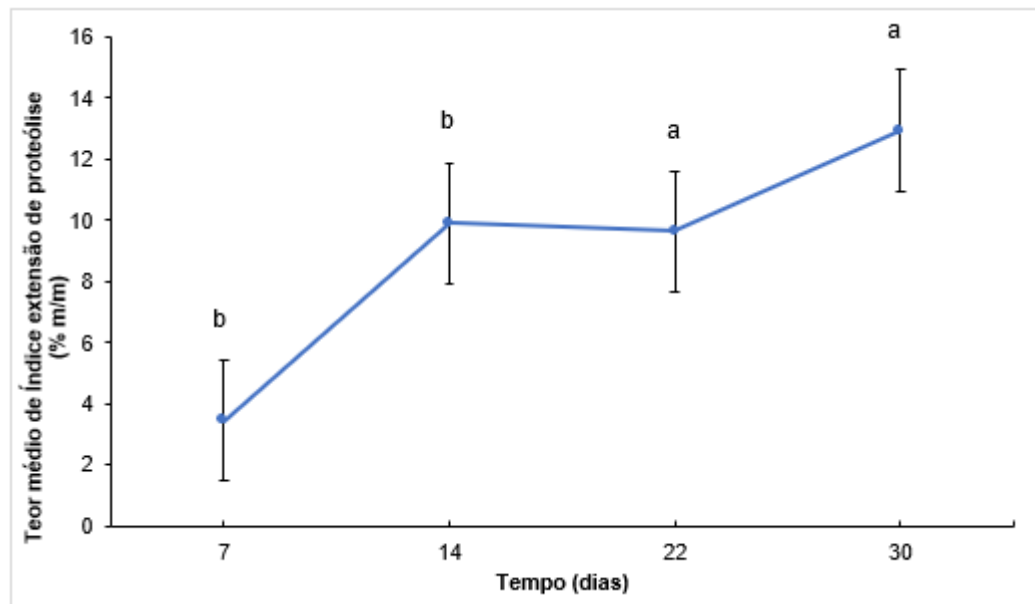
A proteólise em queijos é um processo crucial para o desenvolvimento do sabor e da textura e é influenciada por diversos fatores como umidade, pH, atividade da água (a_w) e teor de sal. O aumento da umidade estimula a atividade inicial e a presença de bactérias lácticas contribui para as reações de quebra das proteínas. Além disso, variações no pH afetam as enzimas responsáveis pela decomposição das proteínas. A atividade de água afeta a velocidade dessas reações, enquanto a concentração de sal regula o processo de hidrólise das proteínas (Rulikowska *et al.*, 2013).

Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos nos parâmetros mencionados, tais como umidade, pH, atividade da água e teor de sal, resultando na falta de distinção estatística significativa ($P > 0,05$) no índice de extensão da hidrólise das proteínas entre os diferentes tratamentos examinados.

No entanto, foi notada uma diferença significativa em relação ao tempo ($P < 0,05$), conforme indicado na Figura 12 com o aumento do índice de extensão da proteólise. Esse aumento é decorrente do processo gradual de maturação ocorrido ao longo dos dias 7, 14, 22 e 30. Durante esse período ocorre uma decomposição progressiva da matriz proteica influenciada pela presença residual do coalho/coagulante adicionado

em todas as produções. O índice de extensão da proteólise é empregado para avaliar os peptídeos de alta massa molecular liberados na parte aquosa do queijo. Esses peptídeos são formados pela ação das enzimas naturais presentes no leite e no coalho nas proteínas do leite, conhecidas como caseínas. Este processo de degradação proteolítica é considerado um fator crucial e é determinado pela relação entre a quantidade de nitrogênio solúvel em pH 4,6 e o nitrogênio total (Wolfschoon-Pombo; Lima, 1989).

Figura 12 - Índice de extensão da proteólise (%) dos queijos Minas Artesanal (média \pm DP).



^a, ^b, ^c Letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

À medida que o tempo passa, a quantidade de proteólise aumenta. O processo tradicional de avaliação da maturação do queijo está relacionado à decomposição da caseína, que é determinada pela relação entre nitrogênio total e nitrogênio solúvel proveniente da matéria orgânica. Esse indicador tende a crescer à medida que o queijo avança a maturação (Perry, 2004), explicando as variações ao longo do período de maturação.

5.3.7.2 Índice de profundidade de proteólise

A análise estatística não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ($P > 0,05$) e nem na interação tratamento X tempo. As médias do índice de profundidade de proteólise nos queijos submetidos às temperaturas de 28 °C e 36 °C foram, respectivamente, de aproximadamente $7,20\% \pm 3,32$ e $7,69\% \pm 4,74$. Esses resultados mostram que as variações de temperatura não tiveram um impacto estatisticamente relevante na profundidade da proteólise. Isso pode ser explicado pelo fato que os queijos nos dois tratamentos foram maturados pelo mesmo período. Além disso, todos os queijos foram produzidos utilizando a mesma técnica de fermentação natural e a adição do mesmo "pingo" na mesma quantidade.

Após a adição do "pingo", um passo crucial para a maturação, as enzimas proteolíticas das bactérias lácticas entram em ação sobre os peptídeos e aminoácidos presentes nos queijos. Isso resulta em mudanças na textura e contribui para o desenvolvimento dos sabores e aromas desejados (McSweeney; Sousa, 2000).

O índice de profundidade da proteólise, conforme discutido por Wolfschoon-Pombo e Lima (1989), reflete uma atividade enzimática secundária que revela como as enzimas produzidas pelo fermento afetam os compostos nitrogenados gerados pela proteólise inicial. Esse processo resulta na criação de substâncias de peso molecular reduzido, o que enriquece o perfil de sabor e aroma do queijo durante o processo de maturação.

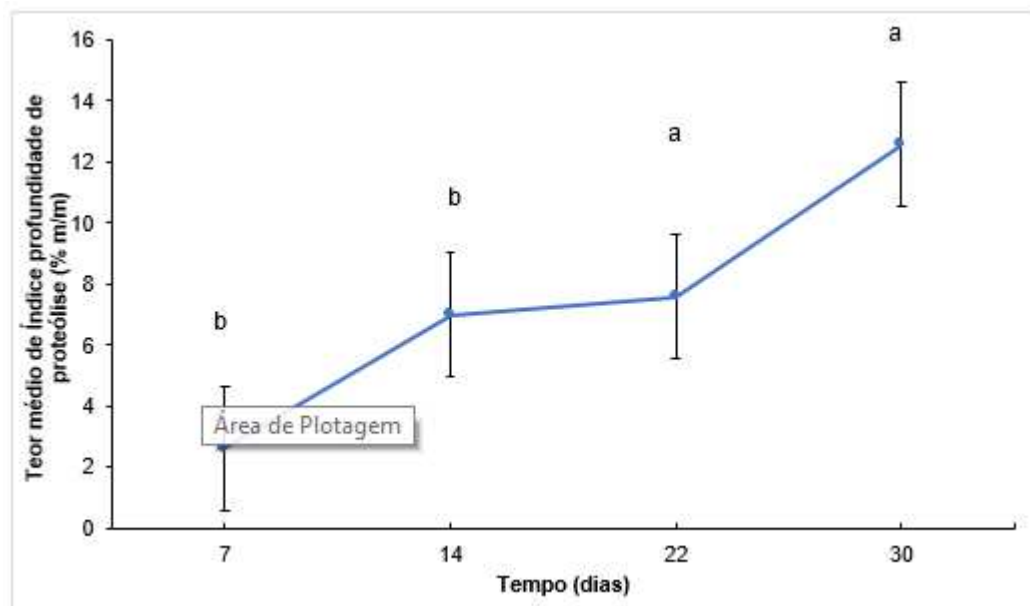
O nível de umidade exerce influência no processo de maturação dos queijos, afetando diretamente a proteólise. Queijos com maior umidade tendem a maturar mais rapidamente e apresentar uma estrutura menos firme devido à fragilização da matriz proteica, o que resulta em um amolecimento excessivo do queijo (Alves *et al.*, 2013).

Da mesma forma que no índice de extensão de proteólise, a umidade, o teor de sal na umidade, a atividade de água e o pH são fatores que influenciam no índice de profundidade e não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, o que explica a ausência de variação no índice de profundidade de proteólise nos queijos.

Entretanto, observou-se uma diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) em relação ao tempo. A Figura 13 apresenta as médias dos valores do índice de profundidade da proteólise dos queijos ao longo do período de maturação. Durante esse período, houve uma degradação gradual da matriz proteica, influenciada pela

presença das bactérias lácticas presentes no “pingo”, o qual foi adicionado em todas as produções.

Figura 13 - Índice de profundidade da proteólise (%) dos queijos Minas Artesanal (média \pm DP).



a, b, c Letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Dores *et al.* (2012) explicaram que a proteólise secundária, representada pelos valores de nitrogênio solúvel em TCA 12%, é predominantemente atribuída às enzimas microbianas e aminopeptidases presentes no leite cru. A influência da temperatura sobre o desenvolvimento microbiano e a produção dessas enzimas é destacada, sendo que a faixa ótima varia conforme o grupo microbiano específico. Com o decorrer do período de maturação, observa-se que essas enzimas se tornam mais ativas, devido a uma série de fatores, como influência da temperatura e as condições ambientais dentro do queijo, assim como o pH e a disponibilidade de nutrientes resultando em um aumento no teor de profundidade de proteólise.

Ao comparar o índice de profundidade com o índice de extensão da proteólise neste tipo específico de queijo, observa-se uma prevalência maior no índice de extensão da proteólise, atribuível ao elevado teor de umidade. Isso ocorre porque a atividade proteolítica, proveniente dos resíduos de coagulante, é mais vigorosa,

incidindo principalmente sobre as caseínas e degradando-as em peptídeos solúveis de maior massa molecular. Em contrapartida, o índice de profundidade apresenta uma moderação mais acentuada, uma vez que avalia uma ação proteolítica secundária decorrente das enzimas produzidas pelo fermento. Essas enzimas atuam sobre os compostos nitrogenados gerados na proteólise primária, originando substâncias de menor massa molecular (Wolfschoon-Pombo; Lima, 1989).

5.4 RENDIMENTO

O rendimento real, o rendimento ajustado e a perda de gordura no soro dos queijos Minas Artesanal não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos avaliados 28 °C e 36 °C. A Tabela 3 apresenta o rendimento real, rendimento ajustado e a perda de gordura no soro e as cifras de transição da gordura e da proteína do leite para o queijo nos queijos Minas Artesanal produzidos com leite de temperaturas diferentes.

Tabela 3 - Avaliação do rendimento dos queijos produzidos com leite de temperaturas diferentes (média± DP).

	Temperatura do leite utilizado na fabricação dos queijos	
	28°C	36°C
Rendimento real (L leite/kg de queijo)	7,94± 0,80 ^a	7,81± 0,43 ^a
Rendimento ajustado (L leite/kg de queijo)	7,55± 0,90 ^a	7,61± 0,48 ^a
Perda de gordura no soro- método empírico (%)	14,84±4,28 ^a	15,28 ±1,28 ^a
Cifra de transição de gordura do leite para o queijo (%)	85,9±1,3 ^b	91,5±2,7 ^a
Cifra de transição de proteína do leite para o queijo (%)	70,7±9,1 ^a	75,8±10,8 ^a

^{a,b,c} Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey. *Rendimento ajustado para 50% (m/m) de umidade. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os queijos não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) no rendimento e na perda de gordura no soro. Isso está diretamente relacionado ao teor de umidade do queijo, o qual também não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$). Essa observação pode ser atribuída possivelmente ao ajuste realizado pela queijeira durante a prensagem dos queijos fabricados a 28 °C, os quais apresentavam visivelmente uma coalhada mais mole devido à temperatura mais baixa de coagulação. Este processo de

ajuste durante a prensagem contribuiu para uniformizar o teor de umidade entre os queijos, resultando em rendimento e perda de gordura no soro semelhantes, independentemente da temperatura de coagulação utilizada.

Conforme Machado (2004) explica, a força exercida durante o processo de prensagem pode influenciar a compactação da massa, afetando os teores de umidade e gordura dos queijos resultantes. Os níveis de gordura, proteínas e umidade estão intimamente ligados ao processo de prensagem e à manipulação da massa do queijo Minas artesanal. Uma manipulação vigorosa da massa pode comprometer sua estrutura, levando à liberação de lipídios, proteínas e outras substâncias que podem ser perdidas durante o processo de dessoragem (Machado, 2004).

A temperatura é tão importante na coagulação, que se a temperatura da coalhada reduzir de 40 °C para 30 °C, o tempo de coagulação aumenta em cerca de 40% (Furtado, 1990). No entanto, se a coalhada for cortada com 40 minutos que é o tempo médio de coagulação, e se a temperatura de coagulação estiver mais baixa, a coalhada pode estar muito macia. Como consequência, a rede proteica não estará bem formada e será despedaçada, com perda de gordura para o soro e redução do rendimento. Em contrapartida, se a coalhada estiver muito firme, a rede proteica irá quebrar e resultará em perda de proteína, com alteração da textura do queijo. As mudanças no teor de umidade do queijo estão intimamente relacionadas com a extensão da ligação entre e dentre as micelas de caseínas, logo a umidade vai aumentar com o tempo de coagulação (Abd El-Gawad; Science; Ahmed, 2011) .

O rendimento do queijo pode ser afetado dependendo de uma variedade de fatores, sendo alguns dos mais significativos relacionados à composição e qualidade do leite cru, práticas de manipulação e armazenamento do leite, tratamentos preliminares do leite (como a padronização, homogeneização, e temperatura de pasteurização), a consistência do gel durante o corte, bem como a velocidade e duração do processo de corte (Fox, 2017).

A firmeza da coalhada representa o único parâmetro de coagulação que está diretamente relacionado com o rendimento do queijo, sendo um dos principais fatores capazes de influenciar significativamente a produção. Um período mais prolongado de coagulação do leite, indica um coágulo mais firme durante o corte, resulta em incremento na umidade do queijo, além de promover um aumento no rendimento. Tanto a quantidade de coalho quanto o aumento da temperatura do leite aceleram o processo de coagulação do leite. Vale ressaltar que, embora o aumento da temperatura de

coagulação tende a diminuir o tempo de coagulação do leite, ele está associado a um aumento no rendimento do queijo, enquanto a relação de gordura/sólidos diminui (Abd El-Gawad, 2011).

Também não houve diferença na perda de gordura no soro pelo método empírico ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Esse parâmetro é calculado baseado no teor de gordura do soro e do leite, sendo que esse soro foi coletado após a mexedura no tanque. No entanto, durante a fabricação do queijo artesanal existe uma prensagem com as mãos que visivelmente acontece a perda de um soro leitoso, em que provavelmente ocorreu mais perda de gordura e proteína.

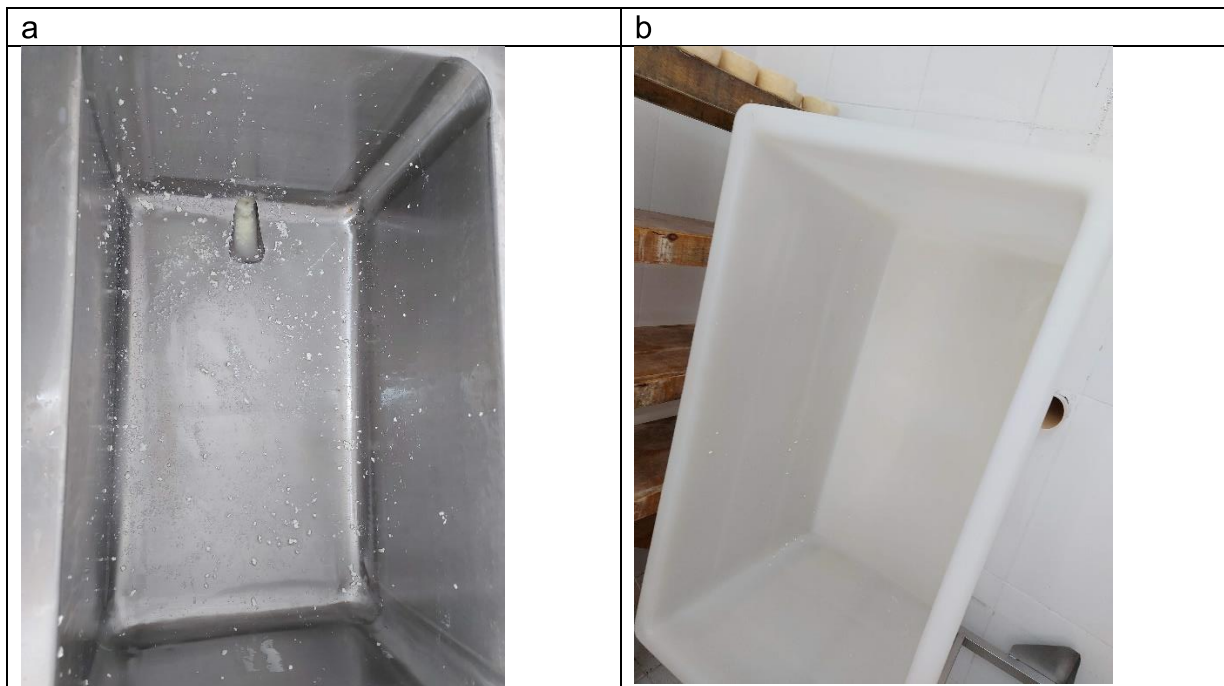
Embora não houve diferença significativa no rendimento real e ajustado devido ao teor de umidade semelhantes entre os tratamentos, houve diferença significativa ($P < 0,05$) na recuperação da gordura do leite para o queijo Minas Artesanal, como apresentada na Tabela 3. Os resultados indicam que no queijo produzido com leite a 36 °C, houve uma maior recuperação de gordura devido à formação de uma coalhada mais firme. Por outro lado, a coalhada formada a 28 °C foi visivelmente mais mole, o que provavelmente levou a produtora a prensar manualmente esse queijo de forma mais intensa para alcançar uma umidade semelhante entre os queijos. Esse processo resultou na saída de gordura da massa para o soro removido durante a prensagem nas mãos, que pode ser verificado na cifra de transição. Na fabricação do queijo artesanal além do soro expulso após o corte e mexedura da coalhada, existe também o soro que sai durante a prensagem/moldagem da massa com as mãos.

A cifra de transição do queijo com leite a 36 °C e do leite a 28 °C foi de, respectivamente, 91,5% e 85,9%. A recuperação de gordura varia de acordo com o tipo de queijo, no Prato, a recuperação média de gordura do leite para o queijo Prato foi de 90% podendo ter uma variação entre 85% e 93% dependendo de fatores tecnológicos na produção (Spadoti *et al.*, 2003), em queijo Camembert está entre 93 e 95% (Mietton, 1991), em queijo Pecorino com leite de vaca em torno de 93% (URZEDO, 2008). Em queijo Grana Padano em que a coalhada é cortada mais mole, a perda de gordura é de 17,50%, o que corresponde a uma recuperação de gordura no queijo de 82,5% (Mucchetti *et al.*, 2000). Observe que a cifra de transição da gordura (85,9%) no leite a 28 °C do queijo Minas Artesanal é semelhante ao do queijo Grana Padano, cuja coalhada também é mais mole.

A recuperação de proteína do leite para o queijo Minas Artesanal não mostrou diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos, embora visivelmente foi possível

verificar uma maior quantidade de finos no tanque em que o leite foi coagulado a 28 °C, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Quantidade de finos no tanque no leite coagulado a 28 °C e a 36 °C.



a) Tanque em que o leite foi coagulado a 28 °C b) Tanque em que o leite foi coagulado a 36 °C. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As massas dos queijos artesanais são dessoradas após o processo de coagulação, colocadas em formas de 13 a 15 cm de diâmetro, sendo prensadas de forma manual, com ajuda do tecido dessorador (GOMES, 2023). De acordo com Walstra, Noomen e Geurts (1999), durante o processamento do queijo, há perdas de gordura e finos de caseína que se deslocam para o soro, principalmente durante as fases de corte e agitação da massa. Esses eventos afetam a recuperação desses componentes e, conseqüentemente, o rendimento final do queijo. Para a proteína, os resultados apresentados por Mietton (1991) que em queijo Camembert foi entre 76% e 77%, em queijo Pecorino com leite de vaca em torno de 76,34% (Urzedo, 2008). Observa-se que os valores das cifras de proteína obtidos nos queijos Minas Artesanal estão próximo dos valores citados na literatura.

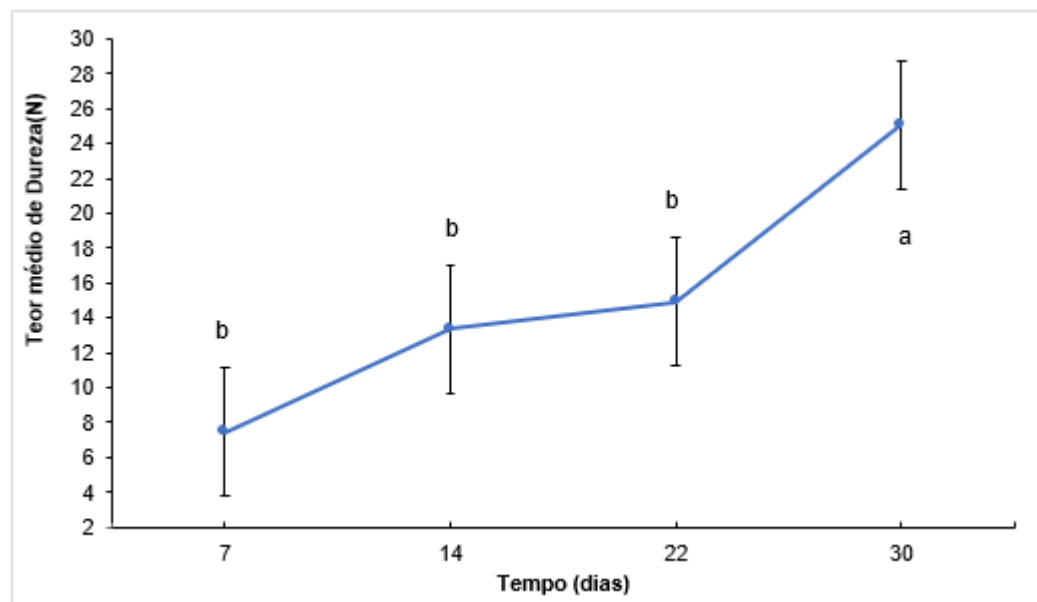
5.5 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA DOS QUEIJOS MINAS ARTESANAL

5.5.1 Dureza

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos. As médias de dureza nos queijos submetidos às temperaturas de 28 °C e 36 °C foram, respectivamente, $15,56 \pm 7,41$ N e $14,87 \pm 9,34$ N (média \pm DP). Essa uniformidade pode ser atribuída à similaridade nos processos de fabricação e de maturação dos queijos.

Também não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na interação tratamento X tempo. Contudo, ao longo do tempo, foi registrada uma diferença estatística significativa ($P < 0,05$). A Figura 15 apresenta os valores médios de dureza encontrados durante o tempo de maturação dos queijos Minas Artesanal. Isso sugere que ocorreram variações durante o período de tempo analisado. Essa variação foi observada com o queijo a 30 dias, com um aumento da dureza. As possíveis causas para essa diferença estão relacionadas as alterações na composição do queijo ao longo da maturação com a perda de umidade.

Figura 15 - Dureza (N) dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média \pm DP).



^a, ^b, ^c Letras diferente diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No estudo conduzido por Rocha (2020) sobre queijos Minas Artesanal do Serro, foi observada uma diminuição na umidade à medida que o processo de maturação avançava, devido ao fato de terem sido maturados em ambiente fechado e sem embalagem, em condições semelhantes às utilizadas no tratamento do queijo deste estudo. A maturação de queijos sem embalagem pode resultar em maiores perdas de umidade por evaporação (Rocha, 2020). A estrutura do queijo está ligada a rede proteica de caseína e a gordura. O aumento do teor de gordura e água enfraquece a estrutura da proteína e quando diminui gordura e água causa endurecimento no queijo (Lempk, 2018).

A dureza, que representa a resistência a uma determinada deformação ou a força necessária para comprimir uma amostra de queijo, é afetada pelo processo de amolecimento da massa, ligado a umidade do queijo. Esse fenômeno é resultado da ação proteolítica da quimosina residual do coagulante, provocando a proteólise da caseína (Fox *et al.*, 2004).

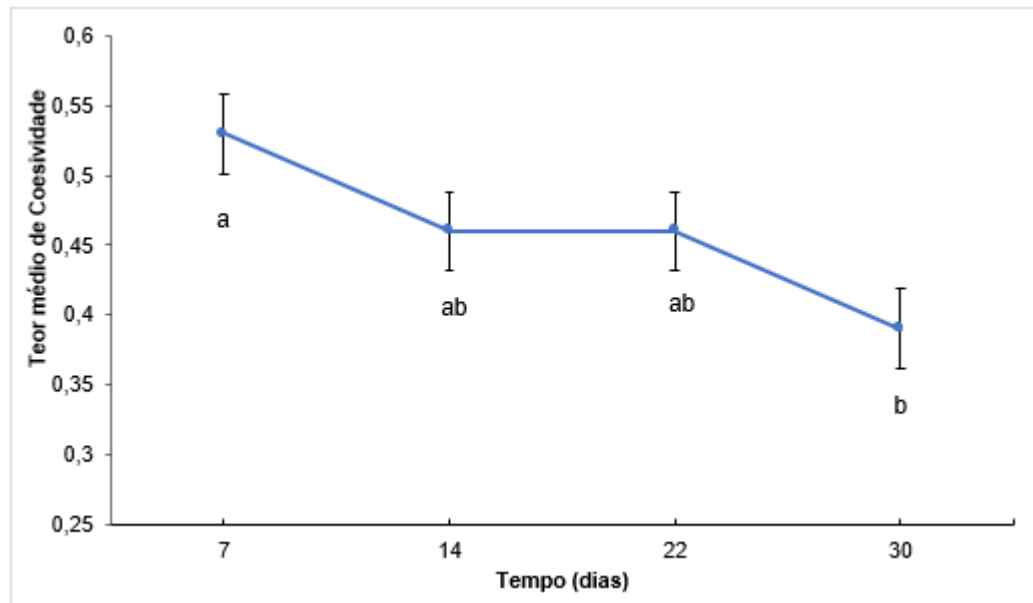
Durante o processo de maturação, foi observado que o queijo fica mais firme, a dureza aumenta. Conforme o tempo passa, fica claro que é preciso mais força e energia para mastigar, moldar e desfazer o queijo maturado em comparação com o queijo fresco. Isso acontece porque ele perde umidade e passa por mudanças químicas naturais enquanto matura, como apontado por Pinto *et al.* (2011).

5.5.2 Coesividade

Não foi encontrada uma diferença estatística significativa ($P > 0,05$) entre os diferentes tratamentos. As médias de coesividade nos queijos dos tratamentos a 28 °C e 36 °C foram de $0,45 \pm 0,06$ e $0,47 \pm 0,08$, respectivamente (média \pm desvio padrão). Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na interação tratamento X tempo. Contudo, ao longo do período de maturação foi observado uma mudança significativa ($P < 0,05$). Os dados da Figura 16 mostram os valores médios de coesividade durante o tempo de maturação dos queijos Minas Artesanal.

Durante o processo de maturação ocorreu uma queda na coesividade, devido ao aumento da proteólise durante o processo de maturação, algo desejável para esse tipo de queijo. Conforme o tempo de maturação avançava, a coesividade diminuía, com um valor menor observado nos queijos maturados por 30 dias, enquanto os valores foram semelhantes entre os queijos maturados por 14 e 22 dias.

Figura 16 - Coesividade dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média \pm DP).



a, b, c Letras diferente diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A coesividade diminuiu com o avanço da maturação dos queijos. No início do processo de maturação, a coesão mais elevada pode ser explicada pela presença de uma quantidade maior de proteína intacta nos queijos. Isso implica na necessidade de uma força maior para romper as ligações internas que conferem estrutura ao queijo (Ferraz, 2016).

Neste estudo, observou-se um aumento da proteólise durante o processo de maturação. Creamer; Olson (1982) observaram que os queijos mais velhos tendem a exibir menor coesividade e uma maior propensão à fratura. Isso é em parte devido à redução da elasticidade natural e também devido à proteólise que ocorre durante o envelhecimento dos queijos.

5.5.3 Elasticidade

A análise de variância não indicou diferença estatística ($P > 0,05$) entre os tratamentos, na interação tratamento X tempo e ao longo do tempo de maturação para a elasticidade. As médias de elasticidade encontradas nos queijos com os tratamentos a 28 °C e 36 °C foram, respectivamente, $2,78 \pm 0,64$ mm e $3,20 \pm 1,15$ mm (média \pm DP). Ao longo do tempo de maturação 7, 14, 22 e 30 dias, as médias encontradas foram

3,7±0,32, 2,84±0,19, 3,1±1,63, 2,32±0,19, respectivamente. As diferentes temperaturas do leite não afetaram o resultado, indicando que não houve impacto significativo. Durante o período de maturação, a redução da umidade influenciou a proteólise do queijo, o que resultou em uma proteólise menos intensa, o que, por sua vez, não provocou alterações na elasticidade do queijo.

Nesse trabalho foi observado um aumento da proteólise no decorrer da maturação. Uma das consequências da proteólise no queijo é que ela forma frações peptídicas menores, que leva à criação de uma rede proteica enfraquecida, que por sua vez desencadeia uma diminuição da elasticidade (Pinto, 2011).

Outro fator que influencia a diminuição da elasticidade é o aumento da umidade. De acordo com Fox; McSweeney (1998), o acréscimo no nível de umidade do queijo está associado à diminuição de sua elasticidade. Nesse trabalho houve a redução da umidade com o passar do tempo. A elasticidade refere-se à capacidade de um corpo se recuperar da deformação após a remoção da força que causou a deformação (Fox *et al.*, 2000).

5.5.4 Mastigabilidade

A análise de variância não indicou diferença estatística ($P>0,05$) entre os tratamentos, na interação tratamento X tempo e ao longo do tempo de maturação para a mastigabilidade. Isso indica que as distintas temperaturas do leite não tiveram impacto no resultado. As médias de mastigabilidade encontradas nos queijos com os tratamentos a 28 °C e 36 °C foram, respectivamente, $0,017 \pm 0,004$ J e $0,021 \pm 0,010$ J (média \pm DP). Ao longo do tempo de maturação o valor médio da mastigabilidade foi de $0,019 \pm 0,007$. A mastigabilidade refere-se à energia necessária para desintegrar um alimento sólido até que esteja pronto para ser engolido. Ela é um atributo secundário na avaliação de textura, derivado da interação dos parâmetros de dureza, coesividade e elasticidade (Fox *et al.*, 2000). Como não houve diferença ao longo do tempo para a elasticidade e a coesividade, somente para a dureza aos 30 dias de maturação, isso possivelmente explicaria a manutenção do valor da mastigabilidade nos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação.

O pH do queijo afeta diretamente como ele se comporta ao ser mastigado, já que influencia na coagulação, na separação do soro da massa e, conseqüentemente, os níveis de umidade e a textura final do produto (Fox; McSweeney, 1998; Fox *et al.*, 2000).

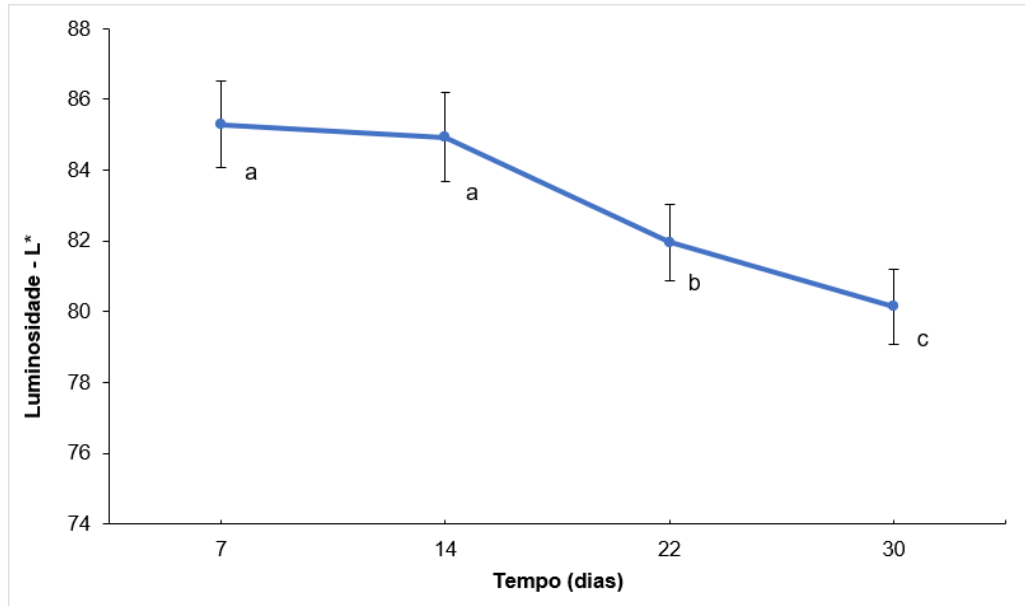
Neste estudo, não foi observada diferenças significativas nos níveis de pH entre os diferentes tratamentos, mas houve uma redução da umidade ao longo do período de maturação.

A mastigabilidade do queijo é principalmente afetada pela hidrólise da caseína, o que leva a uma redução ao longo do processo de maturação (Fox *et al.*, 2000). Quando as proteínas são hidrolisadas, a estrutura do queijo se torna mais compacta, resultando em menos proteína intacta. Assim, como a mastigabilidade pode ser influenciada pela extensão e profundidade da maturação, a elasticidade também segue essa tendência (Ferraz, 2016). Neste estudo, não foi observada uma proteólise intensa devido à redução da umidade durante o período de maturação, o que levou à manutenção da mastigabilidade sem variação estatística nos tempos de 7, 14, 22 e 30 dias.

5.6 AVALIAÇÃO DA COR INSTRUMENTAL DOS QUEIJOS MINAS ARTESANAL

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) nos valores de luminosidade (L^*) entre os queijos Minas Artesanais submetidos aos tratamentos 20 °C e 36 °C, com médias de $82,60 \pm 2,13$ para 28 °C e $83,56 \pm 2,72$ para 36 °C e nem na interação tratamento x tempo. Isso sugere que a temperatura do leite durante a produção do queijo não afetou de forma relevante a luminosidade (L^*). Durante o período de maturação, no entanto, houve uma redução significativa ($P < 0,05$) na luminosidade. A Figura 17 mostra a evolução da cor dos queijos Minas Artesanais durante o processo de maturação no parâmetro de cor L^* . Visto que não foram apresentadas diferenças significativas entre os tratamentos, eles foram agrupados em uma única representação gráfica (curva) para facilitar a interpretação. Na análise da Figura 17, é evidente que durante o processo de maturação, a luminosidade apresenta uma tendência de diminuição devido à perda de umidade ao longo do tempo.

Figura 17 - Comportamento da cor dos queijos Minas Artesanal, ao longo da maturação, para o parâmetro de cor L^* (média \pm DP).



Resultados expressos em média dos tempos de maturação. ^a, ^b, ^c Letras diferente diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O parâmetro L^* é um indicativo de luminosidade que mostra o grau de luminosidade ou escuridão do item. Ele explica a habilidade do objeto em reflexão ou transmissão de luz e varia em uma escala de zero (total preto) a 100 (total branco). Quanto maior for o valor de L^* , mais perceptível será a luminosidade do objeto (Simões *et al.*, 2013).

A luminosidade de um produto é definida pelo efeito óptico da luz refletida sobre ele, sendo a água o principal elemento na composição responsável por esse processo. Normalmente, a presença de mais hidratação resulta em mais brilho (Figueiredo, 2015). No entanto, ao longo do estudo, variações na umidade dos queijos, levaram a uma redução desse índice com o passar do tempo. A queda da umidade está ligada à redução do brilho do produto.

Na pesquisa de Ramos (2013) sobre queijos Prato, foi observado que durante o processo de maturação, os queijos tendem a escurecer. Após 60 dias de maturação, Ramos notou que os queijos apresentaram valores mais baixos de luminosidade (L^*), o que sugere uma tonalidade mais escura. A cor é definida pela forma como a luz se distribui em termos espectrais, sendo uma característica visual. Quando se fala em

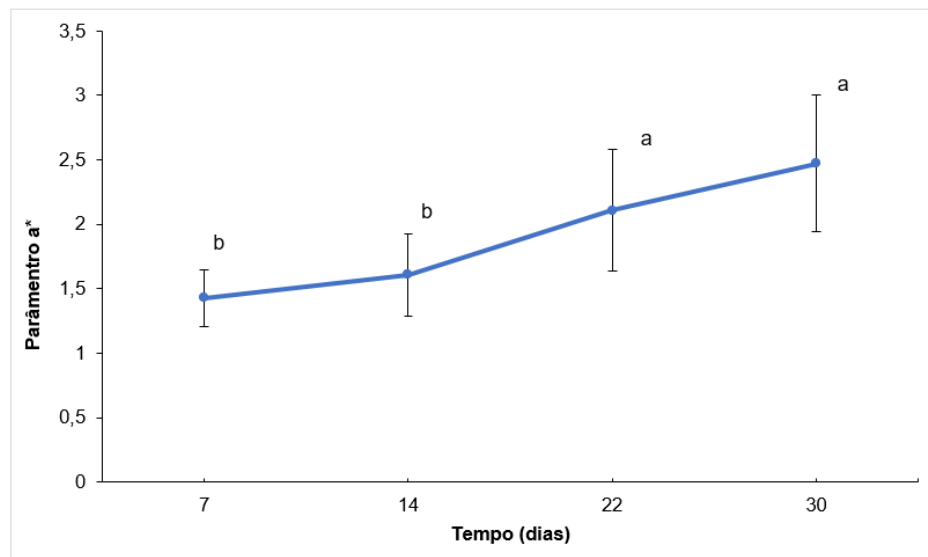
comida, normalmente a primeira impressão é formada através do sentido da visão (Ramos, 2013). A presença da cor tem uma ligação importante com diversos aspectos do nosso cotidiano e tem grande impacto em várias decisões que tomamos diariamente, principalmente as relacionadas à seleção e ingestão de alimentos. A cor tem um grande impacto na estética visual, na percepção de segurança, nas características sensoriais e na aceitação dos alimentos (Clydesdale, 1993).

Durante a maturação, que pode ter durações diferentes dependendo do tipo de queijo, ocorrem transformações na constituição do queijo, que também resultam em mudanças de coloração no queijo. Essas mudanças são evidentes não apenas na textura e na consistência, mas também na adição de características sensoriais variadas (Fox; McSweeney, 1998).

Quanto à coordenada cromática a^* , que representa a concentração de cor vermelha, não foram encontradas diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos. A média de a^* nos queijos tratados a 28 °C foi de $1,98 \pm 0,55$, enquanto nos tratados a 36 °C foi de $1,83 \pm 0,59$ (média \pm DP). Também não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na interação tratamento X tempo.

Entretanto, ao longo do período de maturação, observou-se uma diferença significativa ($P < 0,05$) com um aumento de a^* . A Figura 18 apresenta coordenada cromática a^* dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação. Foi constatado um aumento do valor de a^* ao longo do tempo de maturação, devido ao aumento de proteína observado neste estudo durante a maturação do queijo. Os queijos maturados por 7 e 14 dias apresentaram valores inferiores em comparação com aqueles maturados por 22 e 30 dias.

Figura 18 – Coordenada cromática a* dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média \pm DP).



Resultados expressos em média dos tempos de maturação. ^{a, b, c} Letras diferente diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

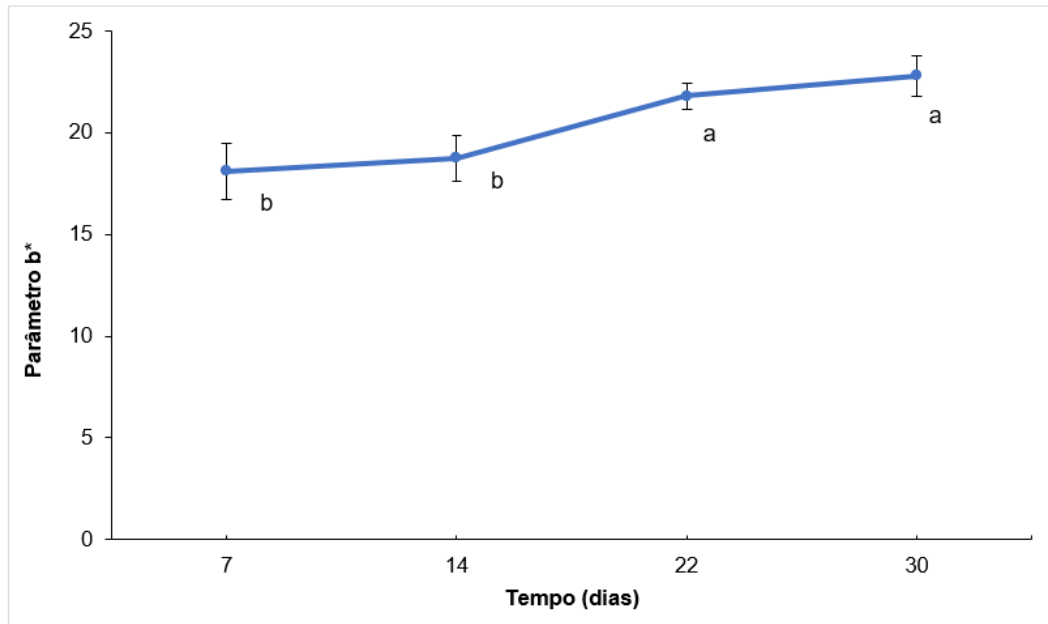
Em um estudo feito por Moreira (2019) sobre queijos Minas padrão, foi notado que a quantidade de proteína afetou a cor vermelha dos queijos, coordenada cromática a*. Observou-se que os queijos com mais concentração de proteína tinham uma cor vermelha mais forte, o que corresponde com o que encontramos neste estudo.

Segundo o que Bastos (2014) descreveu, o queijo Prato apresentou um aumento notável na cor vermelha ao longo do processo de maturação. Esse fenômeno sugere uma mudança na composição química e nas características sensoriais do queijo conforme ele matura. É provável que esse aumento na cor vermelha esteja ligado à evolução dos compostos presentes no queijo, o que resulta em alterações perceptíveis na cor e possivelmente está relacionado às reações de maturação e ao desenvolvimento dos sabores típicos do queijo Prato.

No que diz respeito à coordenada cromática b*, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os diferentes tratamentos, nem na interação tratamento X tempo ($P > 0,05$). As médias de b* nos queijos submetidos aos tratamentos a 28 °C e 36 °C foram, respectivamente, $20,86 \pm 2,07$ e $19,84 \pm 2,39$ (média \pm desvio padrão).

Apesar disso, ao longo do período de maturação, foi identificada uma diferença significativa ($P < 0,05$). A Figura 19 apresenta os valores médios da coordenada cromática b* durante o tempo de maturação dos queijos Minas Artesanal.

Figura 19 – Coordenada cromática b^* dos queijos Minas Artesanal ao longo do tempo de maturação (média \pm DP).



Resultados expressos em média dos tempos de maturação. ^a, ^b, ^c Letras diferente diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Observa-se um aumento no valor de b^* , que pode ser associado às alterações bioquímicas que ocorrem durante maturação dos queijos devido ao processo de maturação à temperatura ambiente, sem a utilização de embalagem. Ao longo do processo de maturação, houve um aumento no parâmetro b^* , com valores menores sendo observados nos queijos maturados por 7 e 14 dias do que nos queijos maturados por 22 e 30 dias. Conforme o queijo matura, acontece uma evolução na quebra das proteínas, o que leva ao aumento da intensidade da cor b^* (Moreira, 2019).

Além disso, durante a continuidade das análises de parâmetro de cor, é essencial notar que o valor a^* serve como um indicador de tonalidades verde (–) e vermelho (+), enquanto o valor b^* indica variações entre azul (–) e amarelo (+). É evidente que a união dos valores a^* e b^* fornece uma representação mais completa da cor do que a análise individual de cada um, conforme Wadhvani *et al.*, (2012).

Buffa *et al.* (2001) observaram diminuição no valor de L e aumento no valor de b^* durante a maturação de queijos fabricados com leite cru, pasteurizado ou tratado a alta pressão. Rohm; Jaros (1997) notaram redução nos valores de L e aumento nos de a^* e b^* durante a maturação do queijo Emmental. Ginzinger *et al.*, (1999) apontaram

que o índice de "amarelecimento", correlacionado ao valor de b^* , aumenta com a maturação do queijo. Dessa forma, de acordo com os trabalhos citados anteriormente, observa-se que o valor L diminui e o valor a e b aumenta à medida que o queijo matura. Quanto às diferenças de cor entre os queijos maturados com 7 e 30 dias de maturação, essas foram significantes ($P < 0,05$).

5.7 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS QUEIJOS MINAS ARTESANAL

Os resultados das análises microbiológicas para bactérias lácticas, coliformes a 30 °C, coliformes a 45 °C, *Staphylococcus aureus*, bolores e leveduras, *Salmonella* spp./e *Listeria* spp dos queijos Minas Artesanal estão apresentados na Tabela 4. Essas análises foram realizadas considerando os tratamentos aplicados a 28 °C e 36 °C, respeitando o período de maturação de 22 dias estabelecido pela legislação (MINAS GERAIS, 2021).

Tabela 4 - Análise microbiológica dos queijos Minas Artesanal com 22 dias de maturação.

Análise microbiológica	Tratamentos		Limite máximo exigido pela legislação (Minas, 2024)
	28 °C	36°C	
Bactérias lácticas (UFC/g)	$3,6 \times 10^7$ ^a	$2,5 \times 10^7$ ^a	-
Coliformes a 30 °C (UFC/g)	2×10^3 ^a	$2,5 \times 10^3$ ^a	5×10^3
Coliformes a 45 °C (UFC/g)	$3,3 \times 10^2$ ^a	$3,8 \times 10^2$ ^a	5×10^2
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	$< 10^2$ ^a	$< 10^2$ ^a	1×10^3
Bolores e leveduras (UFC/g)	$2,4 \times 10^4$ ^a	$1,6 \times 10^4$ ^a	-
<i>Salmonella</i> spp./25g	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Listeria</i> spp./25g	Ausente	Ausente	Ausente

^{a, b, c} Letras diferente diferem estatisticamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste t. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As análises estatísticas conduzidas utilizando o teste t evidenciaram que não foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) nas contagens microbiológicas entre os queijos submetidos aos tratamentos de 28 °C e 36 °C. Esses resultados indicam que a variação na temperatura de coagulação do leite não teve impacto nas contagens dos microrganismos avaliados, sejam eles contaminantes ou bactérias lácticas (BAL). O leite obtido da própria propriedade segue as boas práticas de ordenha

e higiene, não afetando a qualidade do produto final e mantendo a uniformidade entre as fabricações.

Em termos gerais, os queijos apresentaram uma quantidade expressiva de bactérias ácido-láticas (BAL) aos 22 dias de maturação, independente da temperatura do leite durante a produção. Com isso, o pH também não mostrou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Os valores dessas bactérias foram equivalentes às observações encontradas em estudos anteriores (Oliveira, 2014; Castro *et al.*, 2016). A presença de células microbianas no queijo após a remoção do soro e sua multiplicação contínua pode explicar esse resultado (Souza *et al.*, 2003).

As bactérias ácido-láticas (BAL) presentes no leite cru e no fermento endógeno, provenientes do ambiente, apresentam algumas características, sendo a principal a capacidade de fermentar o açúcar do leite. Consequentemente, elas proporcionam o aroma, flavor, textura do queijo e a conservação do alimento pela produção de ácido e abaixamento do pH, além da produção de agentes antimicrobianos. Contudo, é muito importante controlar as boas práticas de ordenha e de fabricação para evitar a interferência de microrganismos patogênicos, que podem influenciar negativamente a qualidade final (Dores e Ferreira, 2012).

Conforme a portaria IMA nº 2003, de 20 de maio de 2024, o queijo Minas Artesanal passa por um período de maturação de no mínimo 22 dias, cuja etapa é essencial para o desenvolvimento de suas características específicas, que são propiciadas pelas BAL.

É muito desafiador controlar possíveis patógenos na produção de queijos Minas Artesanal, os resultados das análises microbiológicas para bactérias lácticas, coliformes a 30 °C, coliformes a 45 °C, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. e *Listeria* spp., apresentaram-se dentro dos critérios estabelecidos pela portaria IMA nº 2003, de 20 de maio de 2024.

6 CONCLUSÃO

As análises físico-químicas dos queijos, sem considerar suas interações específicas, não apresentaram diferenças significativas em relação à umidade, teor de gordura, teor de proteína, teor de sal, pH e atividade de água nos diferentes tratamentos utilizados na produção do queijo Minas Artesanal. No entanto, observou-se que o tempo de maturação influenciou a composição e as características físico-químicas dos queijos, com todas as variáveis apresentando diferenças estatísticas.

Os resultados do rendimento real, rendimento ajustado e a perda de gordura no soro dos queijos, recuperação de proteína do leite para o queijo entre os tratamentos não apresentaram diferenças estatística. No entanto, houve uma diferença significativa na recuperação da gordura do leite para o queijo, sendo maior na produção a 36 °C devido à formação de uma coalhada mais consistente.

Os resultados da análise do perfil de textura dos queijos Minas Artesanal apresentaram semelhança na dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade quanto ao efeito dos tratamentos. Entretanto, ao longo do tempo, foram observadas diferenças na dureza e coesividade.

Referente a cor instrumental dos queijos Minas Artesanal, a luminosidade (L^*), e as coordenadas cromáticas a^* e b^* não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, embora houve alteração ao longo da maturação, com redução do valor de L^* e aumento de a^* e b^* .

As análises microbiológicas dos queijos Minas Artesanal não apresentaram diferenças significativas entre as contagens de microrganismos entre os tratamentos. A bactéria láctica foi o micro-organismo predominante aos 22 dias de maturação para ambos tratamentos.

7 REFERÊNCIAS

- ABD EL-GAWAD, M. AM; AHMED, N. S. Rendimento de queijo afetado pela revisão de alguns parâmetros. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 2, pág. 131-153, 2011.
- ALVES, L. S. *et al.* Yield, changes in proteolysis, and sensory quality of Prato cheese produced with different coagulants. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 7490-7499, 2013.
- ARAÚJO, J. P. A. *et al.* Uma análise histórico-crítica sobre o desenvolvimento das normas brasileiras relacionadas a queijos artesanais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, p. 1845-1860, 2020.
- ARAÚJO, R. A. B. M.. **Diagnóstico socioeconômico, cultural e avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do Queijo Minas Artesanal da região de Araxá**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.
- TAVEIRA, L. B. *et al.* Distribuição de NaCl no queijo reino ao longo da maturação. **Revista do instituto de laticínios cândido testes**, v. 70, n. 3, p. 141-149, 2015.
- DA MOTTA, P. E. F. *et al.* Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Zona Campos das Vertentes-MG. **Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 96, 2006.
- BANSAL, V.; VEENA, N. Understanding the role of pH in cheese manufacturing: General aspects of cheese quality and safety. **Journal of Food Science and Technology**, v. 61, n. 1, p. 16-26, 2024.
- BASTOS, R. A. **Influência do armazenamento e da contagem de bactérias psicrótroficas do leite nas características do queijo prato durante a maturação**. 2014. 209 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- BERESFORD, T. P. *et al.* Avanços recentes em microbiologia de queijos. **Revista internacional de laticínios**, v. 4-7, pág. 259-274, 2001.
- BRASIL. Lei nº 13.860, de 18 de julho de 2019. Dispõe sobre a elaboração e comercialização de queijos artesanais e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ano 131, n. 138, p. 1, 19 jul. 2019.
- BRASIL. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ano 134, n. 116, p. 5, 22 jun. 2022.
- BRASIL. Instrução Normativa do MAPA nº 30, de 07 de agosto de 2013. Permitir que os queijos artesanais tradicionalmente elaborados a partir de leite cru sejam maturados

por um período inferior a 60 (sessenta) dias, quando estudos técnico-científicos comprovarem que a redução do período de maturação não compromete a qualidade e a inocuidade do produto. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 152, p. 19, 08 ago. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 dez. 2006, seção 1, p. 8.

BUFFA, M, N. *et al.* Mudanças nas características texturais, microestruturais e de cor durante a maturação de queijos produzidos com leite de cabra cru, pasteurizado ou tratado em alta pressão. **Revista Internacional de Laticínios**, v. 11-12, pág. 927-934, 2001.

CALAMARI, L.; GOBBI, L, BANI, P. Melhorando a capacidade de predição da espectroscopia FT-MIR para avaliar a acidez titulável no leite de vaca. **Química Alimentar**, v. 192, pág. 477-484, 2016.

CASTRO, R D. **Queijo minas artesanal fresco de produtores não cadastrados da mesorregião de Campo das Vertentes-MG**: qualidade microbiológica e físico-química em diferentes épocas do ano. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

CASTRO, RD *et al.* Identificação da microbiota de ácido láctico em água, leite cru, fermento endógeno e queijo Minas artesanal fresco da região do Campo das Vertentes, Brasil, durante as estações seca e chuvosa. **Journal of Dairy Science**, v. 8, pág. 6086-6096, 2016.

CLYDESDALE, F. M. Color as a factor in food choice. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 1, p. 83-101, 1993.

COSTA, F. M. A. *et al.* Variação do teor de gordura no leite bovino cru. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 5, p. 763-769, 1992.

COSTA JUNIOR, L. C. G. *et al.* Variações na composição de queijo Minas artesanal da Serra da Canastra nas quatro estações do ano. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 371, p. 13-20, 2009.

COSTA JUNIOR, L. C. G. *et al.* Maturação do Queijo Minas Artesanal da Microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 2, p. 111-120, 2014.

COSTA, R. G. B. *et al.* Os queijos Minas artesanais—uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e16911830012-e16911830012, 2022.

CREAMER, L. K.; OLSON, N. F. Rheological Evaluation of Maturing Cheddar Cheese. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 2, p. 631-636, 1982.

OLIVEIRA, L. G. **Caracterização microbiológica e físico-química durante a maturação em diferentes épocas do ano de queijo Minas artesanal de produtores**

cadastrados da mesorregião de Campo das Vertentes-MG. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

DORES, M. T. das; FERREIRA, C.L. de L. F.. Queijo minas artesanal, tradição centenária: ameaças e desafios. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 2012.

DORES, Milene Therezinha das. **Queijo Minas artesanal da Canastra maturado à temperatura ambiente e sob refrigeração.** 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

EMATER MG. **Levantamento da EMATER-MG mostra que Minas Gerais tem 32 mil agroindústrias familiares,** 2022. Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/portal.do/site-noticias/levantamento-da-emater-mg-mostra-que-minas-gerais-tem-32-mil-agroindustriasmfamiliares/?flagweb=novosite_pagina_interna_noticia&id=26273. Acesso em: 05 mai. 2024.

EMATER MG. **Queijo Minas Artesanal.** Belo Horizonte: Emater MG, 2021. 5 p.

EMATER MG. **Mapa das regiões produtoras de queijo Minas artesanal.** Comunicação pessoal, 2022.

EMATER MG. **Queijo Minas Artesanal Região dos Campos das Vertentes,** 2016. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=16992>. Acesso em: 05 mai. 2024.

FERREIRA, D. F. SISVAR-Sistema de Análise de Variância: versão 3.04. **Lavras: UFLA/DEX**, v. 1, 1999.

FIGUEIREDO, R. C. **Perfil socioeconômico de agricultores familiares e caracterização de queijo Minas artesanal de Serra do Salitre (MG) em diferentes períodos de maturação e épocas do ano.** 2018. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

FIGUEIREDO, S. P. *et al.* Características do leite cru e do queijo Minas artesanal do serro em diferentes meses. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 1, p. 68-82, 2015.

FERRAZ, W. *et al.* Queijo Minas Artesanal da Serra da Canastra: Influência do Ambiente sobre a Maturação. In: **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Gramado, RS, Brasil.** 2016.

FORMAGGIONI, P. *et al.* Rendimento do queijo: factores de variação e fórmulas preditivas. Uma revisão concentrada particularmente nos queijos do tipo grana. 2008. Artigo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 377-386, 2008.

FOX, P. F. *et al.* **Fundamentos da ciência do queijo.** 2017.

FOX, PF Proteínas do leite: aspectos gerais e históricos. Em: **Química avançada de laticínios — 1 proteínas: Parte a/parte B.** Boston, MA: Springer US, 2003. p. 1-48.

FOX, P. F. *et al.* (Ed.). **Queijo: Química, física e microbiologia, Volume 1: Aspectos gerais**. Elsevier, 2004.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; McSWEENEY, P. L. H. **Fundamentals of cheese science**. Maryland: Aspen, 559 p. 2000.

FOX, P. F.; McSWEENEY, P. L. H. Chemistry and biochemistry of cheese and fermented milks. **Dairy chemistry and biochemistry**. London: Blackie Academic & Professional, cap. 10, p. 403-418. 1998.

FOX, P. F.; McSWEENEY, P. L. H. **Dairy Chemistry and Biochemistry**. Published by Blackie Academic & Professional, an imprint of Thomson Science, 2-6 Boundary Row, London SE1 8UK. First ed. 1998. 478p.

FOX, P. F. Proteolysis during cheese manufacturing and ripening. **Journal of Dairy Science**. v. 72. n. 6, p. 1379 – 1400, 1989.

FURTADO, M. M. **Principais problemas dos queijos causas e prevenção**. Fonte Comunicações e Editora. São Paulo, SP, Brasil, 2005, 200p.

FURTADO, M. M. **A arte e a ciência do queijo**. Globo, 1991.

FURTADO, M. M. **A arte e a ciência do queijo**. Ed 2. São Paulo: Editora Globo, 1990.

FURTADO, M. M.; POMBO, A. F. W. Fabricação de queijo prato e minas: estudo do rendimento/parte I-determinação das cifras de transição. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 34, n. 205, p. 1-48, 1979.

GINZINGER, W. *et al.* A flora do leite cru afeta a composição e a qualidade do Bergkäse. 3. Propriedades físicas e sensoriais e conclusões. **Le Lait**, v. 4, pág. 411-421, 1999.

GIROUX, H. J.; LEMAIRE, N.; BRITTEN, M. Efeito da composição do queijo e das condições de fabricação do queijo na transferência de sal e umidade durante a salmoura. **International Dairy Journal**, v. 129, p. 105325, 2022.

GOMES, M. da S. *et al.* Avaliação de queijos Minas artesanais da região de Campo das Vertentes fabricados com prensagens manual e mecânica. 2023. Artigo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 18, n. 3, p. 487-498, 2023.

GONZALES, H. D. L.; FISCHER, V.; RIBEIRO, M. E. R.; GOMES, J. F.; STUMPF JR, W.; SILVA, M. A. D. Evaluation of milk quality on different months of year at Pelotas dairy basin, RS. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1531-1543, 2004.

HICKEY, C. D. *et al.* The influence of cheese manufacture parameters on cheese microstructure, microbial localisation and their interactions during ripening: A review. **Trends in food science & technology**, v. 41, n. 2, p. 135-148, 2015.

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (2006). **Queijo Artesanal de Minas, Patrimônio cultural do Brasil** – Dossiê interpretativo. Recuperado de: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Dossie modo fazer queijo minas.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Dossie%20modo%20fazer%20queijo%20minas.pdf).

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (2014). **Modo Artesanal de Fazer Queijo de Minas: Serro, Serra da Canastra e Serra do Salitre (Alto Paranaíba)**. Recuperado de: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Dossie_Queijo_de_Minis_web.pdf.

KELLY, A. L.; HUPPERTZ, T. SHEEHAN, J. J. Pre-treatment of cheese milk: principles and developments. **Dairy Science and Technology**, v. 88, n. 4-5, p. 549-572, 2008.

LEMPK, M. W. **Influência do inóculo rala sobre as características físico-químicas, microbiológicas e reológicas do Queijo Minas Artesanal do Serro MG**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

LIMA, C.F. de *et al.* Estudo do tempo de maturação do Queijo Minas Artesanal do Triângulo Mineiro: análises microbiológicas e físico-químicas. 2021. Artigo. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, e21, 2021.

MACEDO, I. Q. FARO, C. J.; PIRES, E. M. Especificidade e cinética da enzima coagulante do leite do cardo (*Cynara cardunculus* L.) para bovinos. kappa.-caseína. **Revista de Química Agrícola e Alimentar**, v. 10, pág. 1537-1540, 1993.

MACEDO, I. Q.; FARO, C.J.; PIRES, E. M. Especificidade caseinolítica da cardosina, uma protease aspártica do cardo *Cynara cardunculus* L.: ação sobre α s e β -caseína bovina e comparação com quimosina. **Revista de Química Agrícola e Alimentar**, v. 1, pág. 42-47, 1996.

MACHADO, E. C. *et al.* Características físico-químicas e sensoriais do queijo Minas artesanal produzido na região do Serro, Minas Gerais. **Food Science and Technology**, v. 24, p. 516-521, 2004.

MARCOS, A. *et al.* Atividade de água e composição química de queijos. **Journal of Dairy Science**, v. 4, pág. 622-626, 1981.

MCSWEENEY, Paul LH (Ed.). **Problemas com queijo resolvidos**. Elsevier, 2007.

MCSWEENEY, Paul LH; SOUSA, Maria José. Vias bioquímicas para a produção de compostos aromatizantes em queijos durante a maturação: uma revisão. **Le Lait**, v. 3, pág. 293-324, 2000.

MIETTON, B. Courses on Cheesemaking Technology. **National Dairy School of Poligny**, Poligny, France, 1991.

MINIGHIN, E. C. *et al.* Soro de leite versus soro de ricota: Uma avaliação composicional. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 14, n. 3, p. 67-67, 2016.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Decreto. Portaria nº 1022, de 03 de novembro de 2009. **Identifica a microrregião do Campo das Vertentes**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2009.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 2303, de 20 de maio de 2024. **Estabelece o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Minas Artesanal**. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Agropecuária, 2024.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Portaria IMA Nº 1.969, de 26 de março de 2020. **Dispõe sobre a produção de Queijo Minas Artesanal em queijarias e entrepostos localizados dentro de microrregiões definidas e para as demais regiões do Estado, caracterizadas ou não como produtora de Queijo Minas Artesanal – QMA**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2020.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Decreto nº 42.645, de 05 de junho de 2002. **Aprova o regulamento da Lei nº 14.185, de 31/01/2002, que dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal**. Diário do Executivo. Minas Gerais, Belo Horizonte, 6 jun. 2002.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Decreto nº 44.864, de 01 de agosto de 2008. **Altera o regulamento de lei nº14.185 de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2008.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 2051, de 07 de abril de 2021. **Define o período de Maturação do Queijo Minas Artesanal produzido nas microrregiões de Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Serra do Salitre, Serro e Triângulo Mineiro**. Belo Horizonte, 07 de abril de 2021.

MONTEIRO, R. P. *et al.* **QMA: Valorizando a Agroindústria Familiar**. Brasília, Df:Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2018. 102 p.

MORENO, V. J. **Caracterização física e físico-química do queijo Minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MOREIRA, M. T. C. **Efeito do uso de concentrado proteico de leite (MPC) nas propriedades do queijo Minas Padrão**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

MUNCK, A. **Apostila de Tecnologia de Fabricação de Queijos**. Instituto de Laticínios. Cândido Tostes. Juiz de Fora, 2006.

MUCCHETTI, G. *et al.* Pyroglutamic acid in cheese: presence, origin, and correlation with ripening time of Grana Padano cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 4, p. 659-665, 2000.

NARIMATSU, A. *et al.* Avaliação da proteólise e do derretimento do queijo prato obtido por ultrafiltração. **Food Science and Technology**, v. 23, p. 177-182, 2003.

SILVA, N. R. L. **Caracterização microbiológica e físico-química do Queijo Minas Artesanal da Região Serras da Ibitipoca, ao longo da maturação nos períodos seco e chuvoso**- Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados da Universidade Federal de Juiz de Fora. 126 f. ,2024

OLIVEIRA, A. L. de *et al.* "Caracterização do Queijo Minas Artesanal do Cerrado Mineiro da Região do Alto Paranaíba." **Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 3, n. 6, p. 824–828, 2017.

OLIVEIRA, S. P. P. *et al.* Características físico-químicas de queijo Minas artesanal do Serro fabricados com pingo e com rala. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 73, n. 4, p. 235-244, 2018.

PAULA, J. C. J.; DE CARVALHO, A. F.; FURTADO, M. M.. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 367, p. 19-25, 2009.

PEREIRA, D. B.C. *et al.* **Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos**. Epamig, 2001.

PINTO, M. S. *et al.* Características físico-químicas e microbiológicas do queijo artesanal produzido na microrregião de Montes Claros-MG. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, 2016.

PINTO, M. S. *et al.* Efeitos da nisina na contagem de *Staphylococcus aureus* e nas propriedades físico-químicas do queijo Minas Serro Tradicional. **Revista internacional de laticínios**, v. 2, pág. 90-96, 2011.

RAMOS, T. de M.. **Tipos de pasteurização e agentes coagulantes na fabricação do queijo tipo Prato**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

ROCHA, L. O. F. *et al.* Efeito do tempo de maturação no teor de umidade, na caracterização espectroscópica e na aceitação do queijo Minas artesanal do Serro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 14, n. 2, 2020.

RODRIGUES, I.C. B. *et al.* Caracterização do Queijo Minas Artesanal do Cerrado. 2021. Artigo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 76, e14, 2021.

ROHM, H.; JAROS, D.. Cor de queijo duro. **Zeitschrift fur Lebensmitteluntersuchung und Forschung A-Food Research and Technology**, v. 4, pág. 259-264, 1997.

ROCHA, Y. C. S. *et al.* Impacto do período do ano sobre a qualidade do leite cru no município de Santa Helena do Goiás. In: **Anais do 28º Congresso Brasileiro de Zootecnia e 55º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Goiânia - GO, 2018.

ROLET-RÉPÉCAUD, O. *et al.* Caracterização da fração enzimática não coagulante de diferentes preparações coagulantes do leite. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 459-468, 2013.

RULIKOWSKA, A. *et al.* O impacto do teor reduzido de cloreto de sódio na qualidade do queijo Cheddar. **International Dairy Journal**, v. 28, n. 2, p. 45-55, 2013.

PERRONE, Í. T. *et al.* Manufacturing technology of fresh milk, condensed milk and whey protein. **Informe Agropecuario**, v. 32, n. 262, p. 24-33, 2011.

PERRY, K. SP. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. **Química nova**, v. 27, pág. 293-300, 2004.

SALES, D. C. *et al.* Produtividade de queijo no Brasil: estado da arte. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 36, p. 563-569, 2016.

SALES, G. A. **Caracterização microbiológica e físico-química de queijo Minas artesanal da microrregião de Araxá-MG durante a maturação em diferentes épocas do ano. 2015.** Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C.; Silveira, N. F. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** São Paulo: Varela; 2001.

SIMOES, M. G. *et al.* Efeito da adição de leite bovino ao leite de búfala nas diferentes características do queijo artesanal do Marajó, tipo creme. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 68, n. 391, p. 32-40, 2013.

SISO, M. I. G.. **A utilização biotecnológica do soro de queijo: uma revisão.** Tecnologia de biorecursos, v. 1, pág. 1-11, 1996.

SMITHERS, Geoffrey W. Whey e proteínas de soro de leite - Da 'sarjeta ao ouro'. **Revista internacional de laticínios**, v. 7, pág. 695-704, 2008.

SOBRAL, D. *et al.* A prensa coletiva manual altera as características do Queijo Minas Artesanal da região do Campo das Vertentes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 76, p. e13128, 2024.

SOBRAL, D. *et al.* Nisin reduces the Staphylococcus aureus count without changing the characteristics of Artisanal Minas Cheese from Araxá. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 74, n. 1, p. 1-12, 2019.

SOBRAL, D. *et al.* Principais defeitos em queijo Minas artesanal: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n. 2, p. 108-120, 2017.

SOUZA, C. F. V. de; DALLA ROSA, T.; AYUB, M.A. Z.. Alterações nas características microbiológicas e físico-químicas do queijo Serrano durante a fabricação e maturação. **Revista Brasileira de Microbiologia**, v. 34, p. 260-266, 2003.

SPADOTI, L. M. *et al.* Avaliação do rendimento do queijo tipo prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação. **Food Science and Technology**, v. 23, p. 492-499, 2003.

TSAKALI, E. *et al.* Uma revisão sobre a composição do soro de leite e os métodos usados para sua utilização em produtos alimentícios e farmacêuticos. Em: **Proc. 6th Int. Conf. Simul. Modelling Food Bioind.** 2010. p. 195-201.

URZEDO, A..C..B. de. **Avaliação do rendimento e maturação de queijos pecorino produzidos com leite de vaca e lipases de cabrito e cordeiro.** 166 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

WALSTRA, P.; GEURTS, T. J.; NOOMEN, A.; JELEMA, A. VAN BOEKEL, M. A. J. S.; **Dairy technology: principles of milk properties and processes**. Food science and technology. Marcel Dekker, Inc. New York – Basel. 727p. 1999.

WADHWANI, RD; MCMAHON, DJ A cor do queijo com baixo teor de gordura influencia a percepção do sabor e a preferência do consumidor. **Revista de ciência láctea**, v. 95, n. 5, pág. 2336-2346, 2012.

WOLFSCHOON-POMBO, A. F.; Lima, A. Extensão e profundidade de proteólise em Queijo Minas Frescal. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 44, n. 261, p. 50-54, 1989.

ZOTTOLA, EA; SMITH, LB Patógenos em queijo. **Microbiologia de Alimentos**, v. 8, n. 3, pág. 171-182, 1991.